

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program M 2301 - Strojní inženýrství



Studijní obor: 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Sklářské a keramické stroje

Zařízení pro testování mechanismů řadového sklářského stroje

(Equipment for testing of mechanisms in individual section machine)

KSR – 19562

Jakub Martínek

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. František Novotný, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Kubát – Sklostroj Turnov CZ s.r.o.
Ing. Marcel Horák, Ph.D. - KSR

Rozsah diplomové práce:

| | |
|----------------|----|
| Počet stran: | 57 |
| Počet tabulek: | 5 |
| Počet obrázků: | 54 |
| Počet výkresů: | 11 |
| Počet příloh: | 2 |
| Počet modelů: | 0 |

Datum odevzdání: 28. 5. 2010

zadání

Téma: Zařízení pro testování mechanismů řadového sklářského stroje

ANOTACE:

Diplomová práce pojednává o návrhu konstrukce nosného rámu nové zkušební stanice pro mechanismy sklářského řadového stroje a layoutu nové zkušební místnosti. Práce se zaměřuje na zvýšení počtu zkušebních pozic, možnosti manipulace se zkušební stanicí a zlepšení přístupnosti k mechanismům při zkoušení. Dále se zabývá rozбором a návrhem zdvihacího zařízení používaného ve zkušební místnosti. Diplomová práce obsahuje zpracovanou kompletní výkresovou dokumentaci zkušební stanice a layoutu místnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Sklářský stroj, řadový stroj, testovací zařízení, mechanismus řadového stroje, zdvihací zařízení, podvěsný jeřáb

Theme: Equipment for testing mechanisms if individual section machine

Annotation:

This thesis deals with the design of a supporting frame of a new test station for the mechanisms of glass IS machinery and the design of the layout of a new test room. The main focus is on increasing the number of test positions, the possibility of manipulating the test station and the improvement of the access to the mechanisms during testing. Moreover it deals with the analysis and the design of the lifting equipment used in the test room. The thesis contains a complete processed design documentation of the test station and of the room layout.

KEY WORDS:

Glass machine, IS machine, test equipment, mechanisms of individual section machine, lifting equipment, suspension crane

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování:

Děkuji panu **Doc. Ing. Františku Novotnému, CSc.**, vedoucímu katedry sklářských strojů a robotiky Technické univerzity v Liberci za příkladné vedení, obětavou spolupráci a velmi cenné připomínky v průběhu řešení diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval **Ing. Jaroslavu Kubátovi** - Sklostroj Turnov CZ, s.r.o. a **Ing. Marcelu Horákovi, Ph.D.** – KSR, za poskytnutí cenných rad a užitečných informací.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 8 |
| 1. ROZBOR SOUČASNÉ ZKUŠEBNÍ MÍSTNOSTI | 9 |
| 1.1 POPIS ŘADOVÉHO SKLÁŘSKÉHO STROJE | 9 |
| 1.2 ZKOUŠENÉ MECHANISMY | 11 |
| 1.3 TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ | 11 |
| 1.4 POPIS TESTOVACÍHO CYKLU | 14 |
| 1.5 MANIPULACE S MECHANISMY | 15 |
| 1.5.1 Tok mechanismů při výrobě | 15 |
| 1.5.2 Tok mechanismů ve zkušební místnosti | 16 |
| 1.6 ČASOVÁ NÁROČNOST ZKOUŠEK A ZKOUŠENÉ OBLASTI | 17 |
| 1.7 SOUHRNNÉ ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU | 18 |
| 1.7.1 Výhody současného stavu | 18 |
| 1.7.2 Nevýhody současného stavu | 18 |
| 1.8 TECHNICKÁ SPECIFIKACE VÝCHOZÍ TESTOVACÍ MÍSTNOSTI | 18 |
| 1.9 SOUHRN POŽADAVKŮ NA NOVOU ZKUŠEBNÍ MÍSTNOST | 20 |
| 2. ALTERNATIVNÍ STUDIE LAYOUTU ZKUŠEBNÍ MÍSTNOSTI | 21 |
| 2.1 POČÍTAČOVÝ 3D MODEL STÁVAJÍCÍ MÍSTNOSTI | 21 |
| 2.2 ALTERNATIVNÍ STUDIE KONSTRUKCE TESTOVACÍ STANICE | 22 |
| Varianta A - Modernizace stávajících zkušebních stanic | 22 |
| Varianta B – Menší zkušební stanice | 23 |
| Varianta C – Mobilní zkušební stanice | 24 |
| 2.3 VÝBĚR NEJLEPŠÍ VARIANTY ZKUŠEBNÍ STANICE | 26 |
| 2.4 ALTERNATIVNÍ STUDIE ZDVIHACÍCH ZAŘÍZENÍ | 28 |
| Varianta A - Stávající rozmístění sloupových jeřábů | 30 |
| Varianta B - Nové rozmístění sloupových jeřábů | 31 |
| Varianta C - Nová stavba sloupového jeřábu | 31 |
| Varianta D - Přestavba na podvěsný jeřáb | 32 |
| 2.5 VÝBĚR NEJLEPŠÍ VARIANTY ZDVIHACÍHO ZAŘÍZENÍ | 34 |
| 3. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VYBRANÝCH NÁVRHŮ | 36 |
| 3.1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ RÁMU TESTOVACÍ STANICE | 36 |
| 3.1.1 Nosný rám | 36 |
| 3.1.2 Výpočet horní části nosného rámu | 38 |
| 3.1.3 Kotvení testovací stanice | 41 |
| 3.1.4 Manipulace a možnosti manipulačních prostředků | 41 |
| 3.1.5 Výběr nejvhodnější manipulace | 44 |
| 3.1.6 Výpočet kol pro zvolenou variantu | 46 |
| 3.1.7 Upínání mechanismů | 47 |
| 3.2 OSAZENÍ ZKUŠEBNÍ STANICE | 48 |
| 3.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ZDVIHACÍHO SYSTÉMU | 49 |
| 3.4 LAYOUT MÍSTNOSTI | 52 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 3.5 | SCHÉMA PŘILOŽENÉ TECHNICKÉ DOKUMENTACE | 53 |
| 4. | HODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ | 54 |
| 4.1 | PŘÍNOS A VYUŽITELNOST NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ | 54 |
| 4.2 | NÁKLADY NA NOVÝ LAYOUT ZKUŠEBNÍ MÍSTNOSTI..... | 54 |
| ZÁVĚR: | | 56 |
| LITERATURA | | 57 |

Úvod

Firma SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. vyrábí a dodává řadové sklářské stroje a další produkty, které jsou nezbytné k úplnému zprovoznění výroby obalového skla na řadovém sklářském stroji. Řadový sklářský tvarovací stroj je určen pro automatickou, střední a velkosériovou výrobu obalového skla. Jedná se o elektronicky řízený řadový stroj s roztečí ve formách 127 nebo 140 mm. Stroj může být smontován s mechanickým-vačkovým, nebo elektronicky ovládaným rozvaděčem kapek, s válcem obraceče a mechanismem odnímače v provedení s pneumatickými pohony a s hydraulickým tlumením dorazů v krajních polohách, nebo v provedení elektronické se servopohony a mechanickými nebo elektronicky řízenými odstávkami. Stroj je vybaven rychlovýměnným mechanismem ústníku, rychlovýměnnými kleštěmi odnímače a zařízením pro axiální i radiální chlazení konečné a přední formy [4].

V současnosti jsou mechanismy samostatně testovány na upravených stanicích řadového stroje. Tyto stanice vychází ze zastaralé konstrukce sekcí řadového sklářského stroje, které nevyhovují svými rozměry, komplikovaným přístupem k testovaným mechanismům a nelze na nich testovat starší a některé novější mechanismy. Stávající rozmístění zařízení umožňuje testovat pouze jeden nebo dva mechanismy současně.

Diplomová práce se zabývá novým layoutem testovací místnosti a novou konstrukcí testovacích stanic a jejich rozmístění. Tato diplomová práce má 4 hlavní části:

Kap. 1 obsahuje popis řadového sklářského stroje, jeho mechanismů, testovací místnosti a jejího zařízení. V závěru jsou sepsány technické specifikace místnosti a souhrn požadavků na modernizovanou testovací místnost.

Kap. 2 obsahuje 3D model stávající místnosti, alternativní varianty testovacích stanic a zdvihacích zařízení, ze kterých jsou v závěru kapitoly vybrány nejlepší varianty.

Kap. 3 se zabývá konstrukčním řešením vybraných variant a jejich zpracováním do 3D modelů a sestavných výkresů.

Kap. 4 obsahuje zhodnocení přínosů a využitelnosti navrženého řešení.

1. Rozbor současné zkušební místnosti

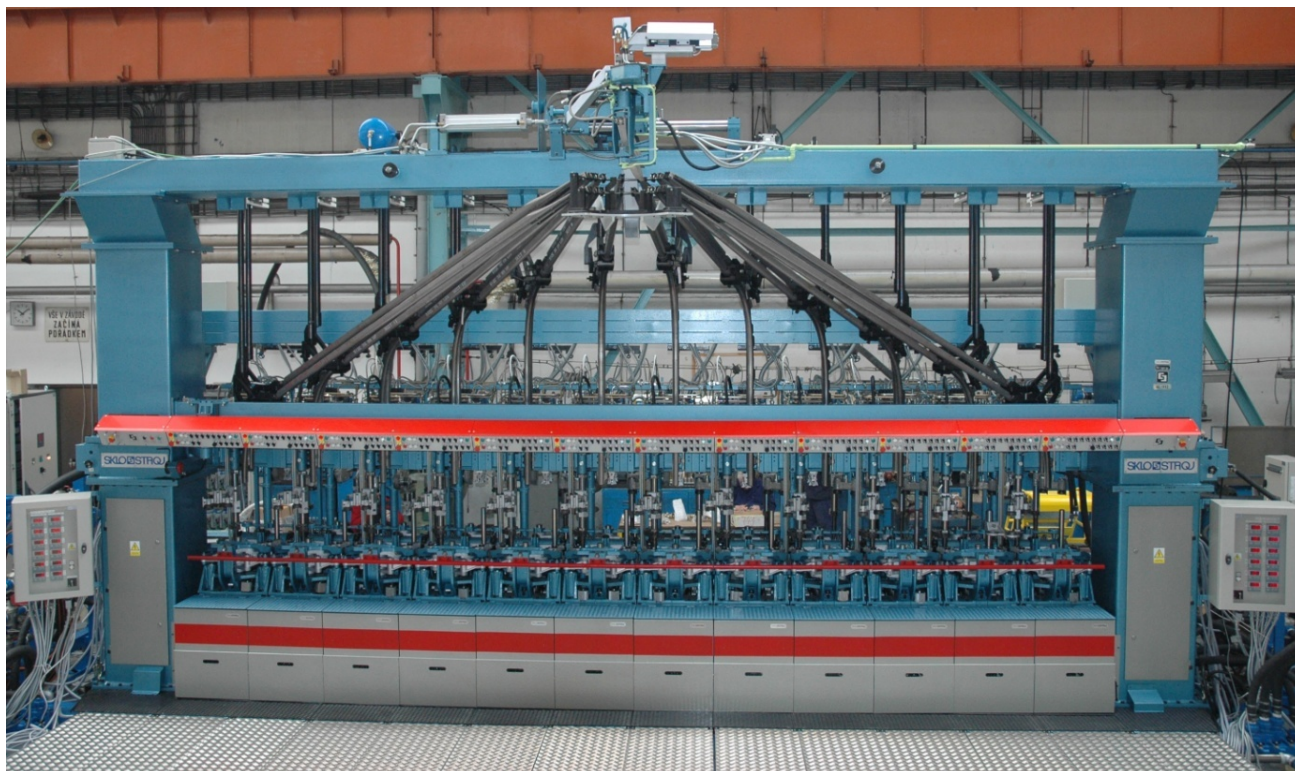
V první kapitole je seznámení se sklářským řadovým strojem, s jeho mechanismy a se stávající testovací místností. V závěru první kapitoly je provedeno zhodnocení současného stavu a zformulovány požadavky na modernizovanou testovací místnost.

1.1 Popis řadového sklářského stroje

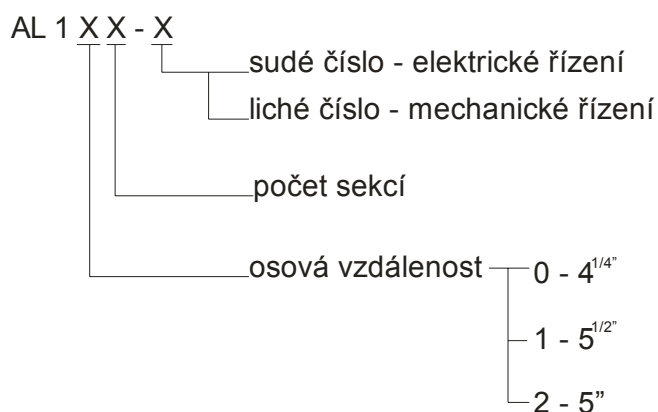
Řadový stroj je tvořen ze samostatných sekcí – stanic. Z tohoto konstrukčního uspořádání vychází označení IS stroje (Individual Section – jednotlivé sekce). Sekce jsou uspořádány vedle sebe a staví se čtyř, šesti, osmi, deseti a dvanácti pozicové. Pracují s jednokapkou, dvoukapkou až čtyřkapkou. Na výrobu úzkohrdlého obalového skla je základním principem výroby dvakrát foukací způsob (FF) nebo úzkohrdlý lisofoukací způsob (ÚHLF). Širokohrdlé obalové sklo je vyráběno způsobem lisofoukacím (LF). Detail IS stroje je na obr. 1, obr. 2 poskytuje celkový pohled na IS stroj. Počet sekcí IS stroje je uveden ve značení dané firmou Sklostroj Turnov, které je uvedeno na obr. 3 [2].



Obr. 1 Detail IS stroje [1]



Obr. 2 Dvanáctisekční IS stroj [1]

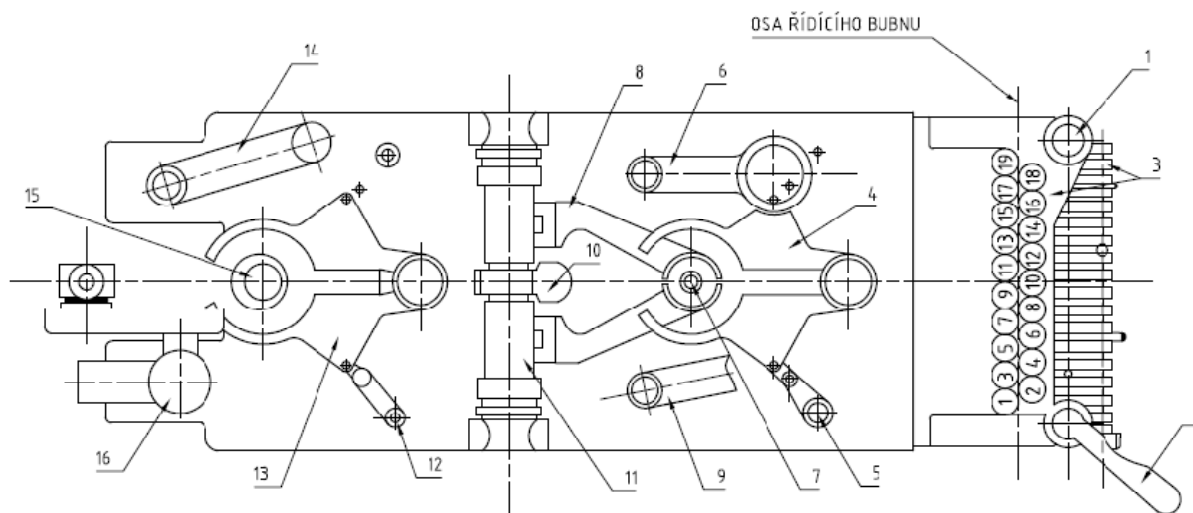


Obr. 3 Způsob základního značení IS stroje [4]

Do řadového stroje jsou do jednotlivých sekcí kapky skloviny přiváděny od dávkovače přes rozdělovač kapek žlabovými skluzy. Kapky skloviny padají do předních forem a v nich vyrobené baňky jsou k dohotovení foukáním na konečný tvar přemístěny do konečné formy a přitom otočeny o 180° obracečem (invertem). Vyrobené lahve jsou přesunuty na odstávku a následně pokračují do chladicí pece. Celý systém musí být napájen elektrickým proudem, musí být připojen k tlakové kapalině a tlakovému vzduchu [2].

1.2 Zkoušené mechanismy

V současné době testování probíhá na dvou oddělených sekcích řadového stroje AL 118. Na kterých jsou zkoušeny mechanismy závěrné hlavy, konečné hlavy, nálevky (provedení 2, 3 a 4), mechanismus odnímače, odnímače-servo, odnímače-servo 2, mechanismus ústníku RV provedení 11, mechanismus obraceče, válec obraceče, válec obraceče-servo.



Obr. 4 Půdorysné konstrukční uspořádání mechanismů jedné sekce ŘS [2]

1- přívod stlačeného vzduchu, 2-kohout k zapínání řídicího bubnu, 3-řídicí buben a nad ním ventilová skříň (1 až 19 - ventily), 4- držák PF, 5- držákový hřídel k ovládání držáků, 6- rameno nálevky, 7- ústník, 8- držák ústní formy, 9- rameno zafukovací hlavy, 10- ozubená tyč invertu, 11- válec k otevírání ústní formy, 12- držákový hřídel k ovládání držáku KF, 13- držák KF, 14- rameno zafukovací hlavy, 15 – držák dna KF, 16 – odnímač láhví.

Většina mechanismů, které se účastní tvarovacího cyklu (způsob FF, ÚHLF i LF) jsou poháněny přímočarými pneumatickými motory, většinou z nich je dvoučinná. U starých typů ŘS jsou některé pneumatické motory jednočinné se zpětným pohybem pístu pomocí pružiny. Přetlak stlačeného vzduchu bývá 0,3 MPa [2].

1.3 Testovací zařízení

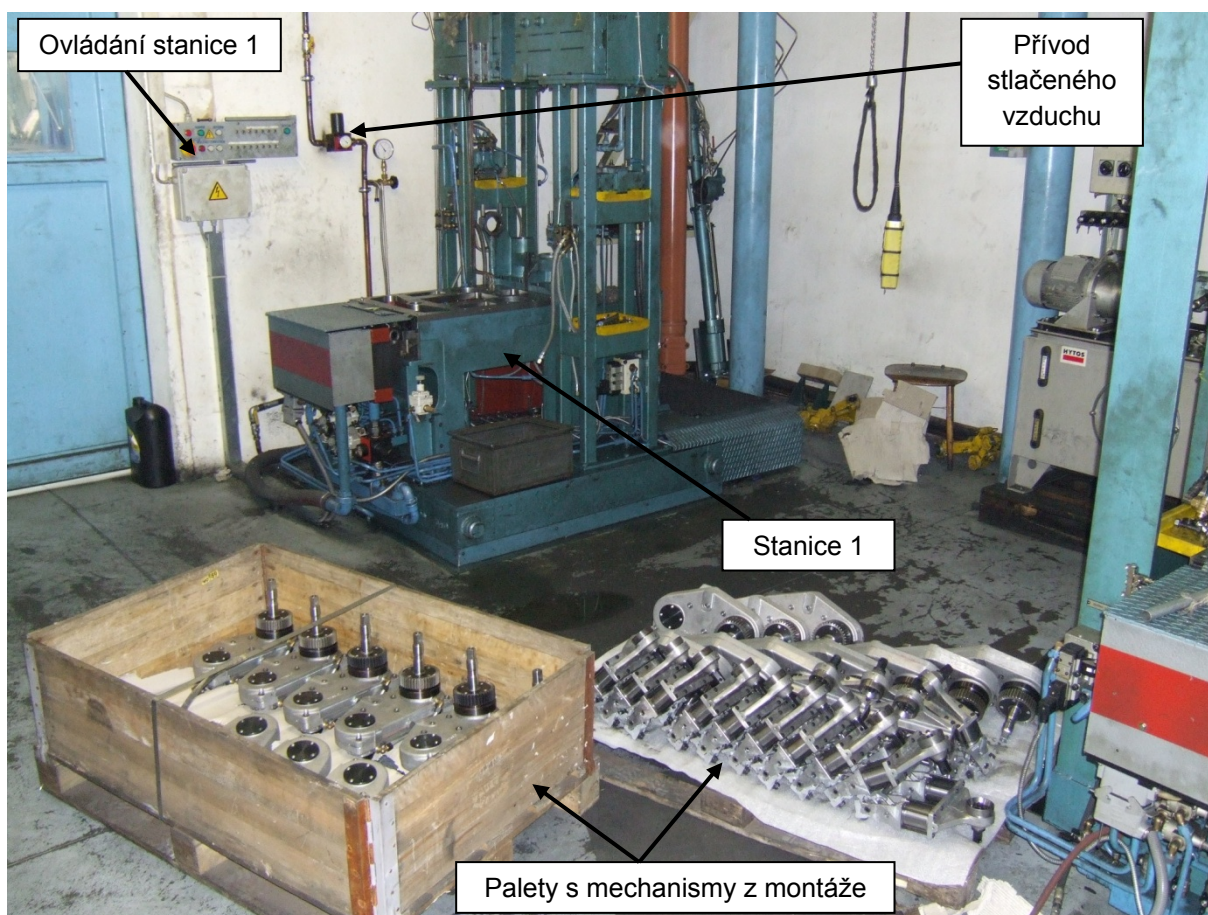
Při výrobě řadových sklářských stojů ve SKLOSTROI Turnov CZ, s.r.o. dochází k testování funkčnosti jednotlivých mechanismů na rozebraných stanicích řadového stroje AL 118, které jsou umístěny v testovací místnosti. Vznik této testovací místnosti a umístění jednotlivých sekcí pro zkoušení nevychází z žádných návrhů či podkladů. Jejich pozice byly upravovány podle potřeb pracovníků. Fotografie místnosti jsou na obr. 5 až 9.



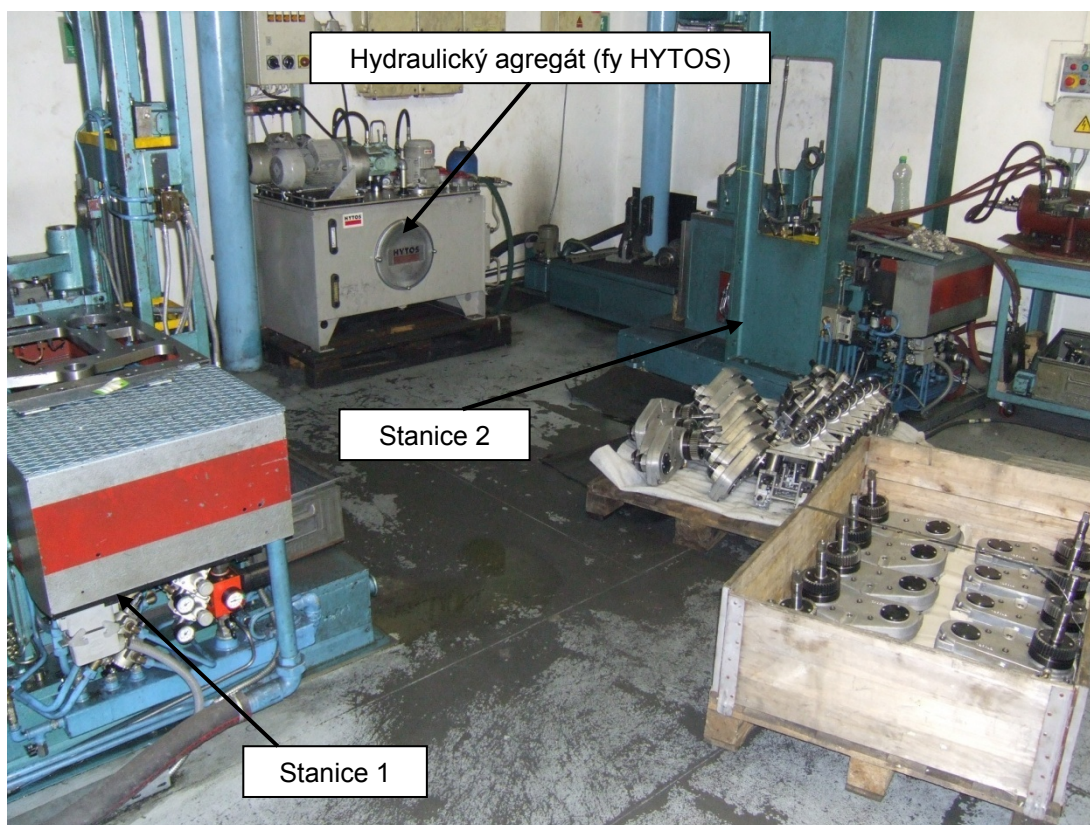
Obr. 5 Zkušební stanice 1



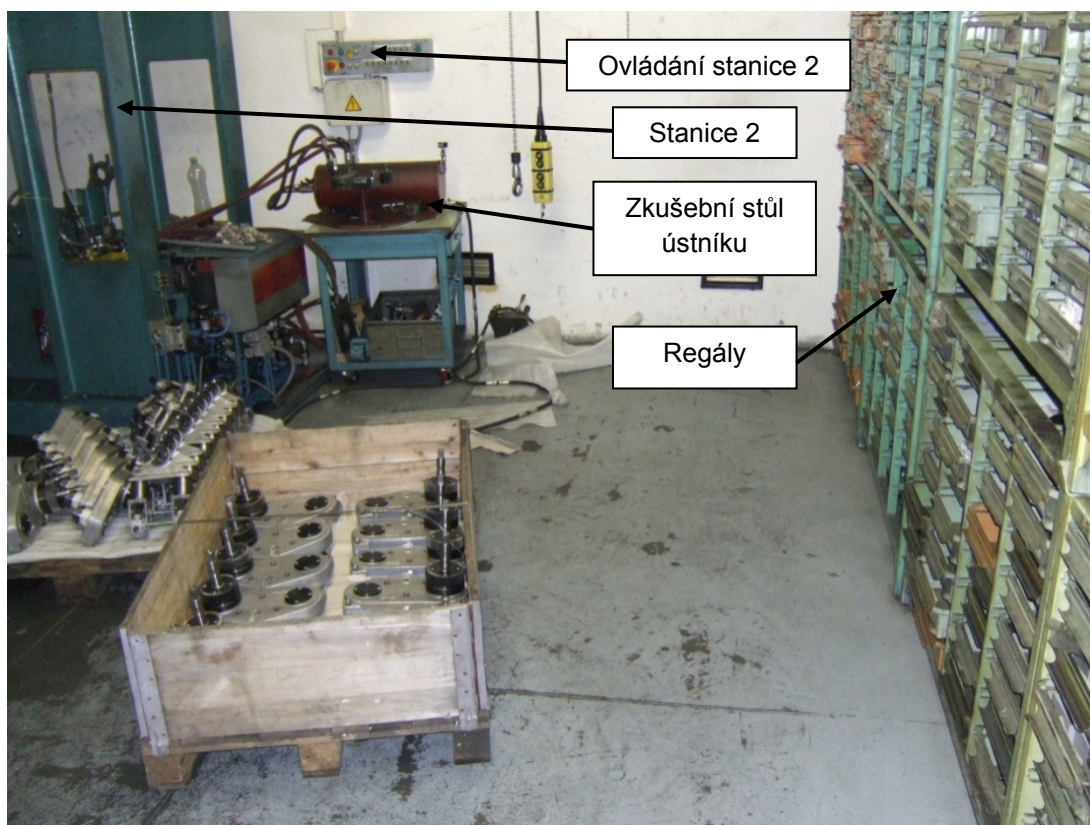
Obr. 6 Zkušební stanice 2



Obr. 7 Pohled do zkušební místnosti



Obr. 8 Pohled do zkušební místnosti

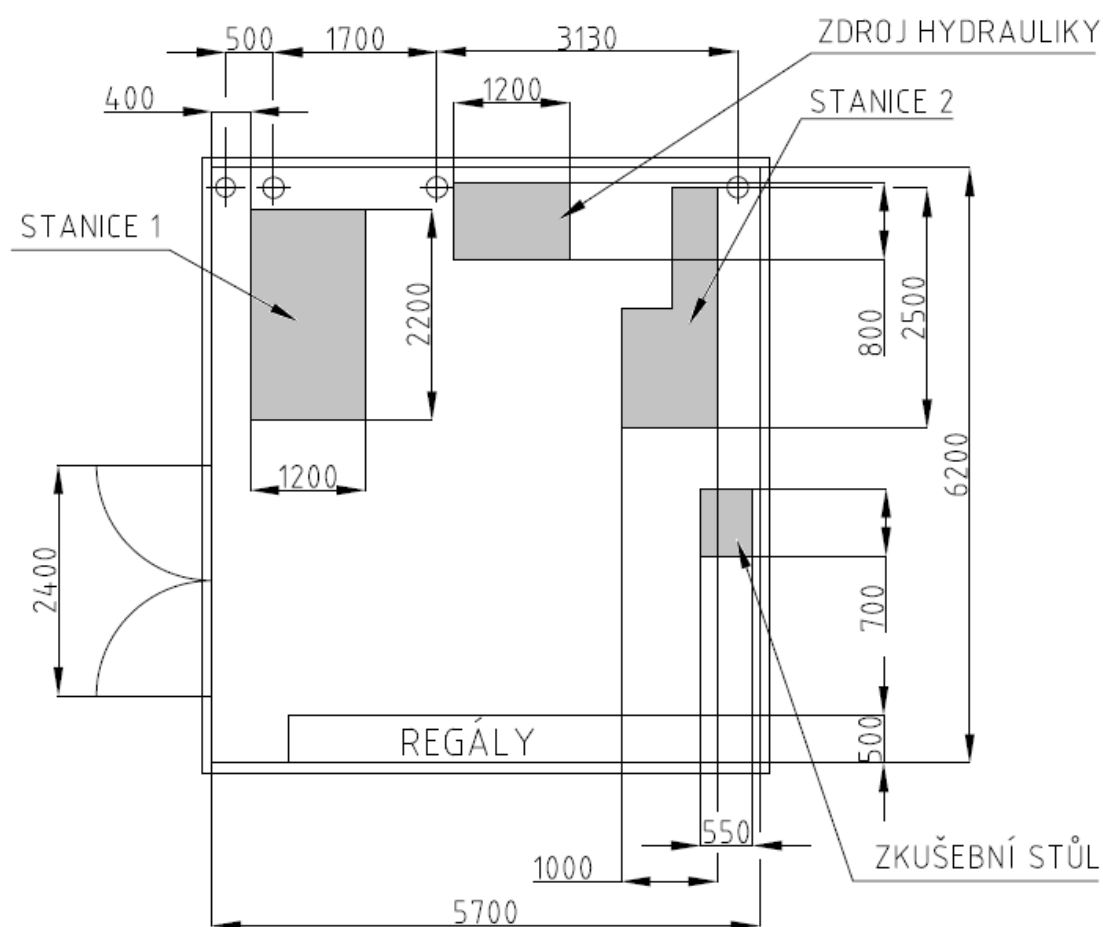


Obr. 9 Pohled do zkušební místnosti

1.4 Popis testovacího cyklu

Zkoušky mechanismů jsou poslední operací montáže mechanismů. Mechanismy jsou smontovány ve výrobní hale, kde se umístí do speciálních držáků nebo na paletu a pomocí paletového vozíku se přemístí do testovací místnosti. Jednotlivé mechanismy jsou odzkoušeny a odvezeny, vyhovující mechanismy jsou odvezeny na montáž řadového stroje před expedicí a nevyhovující se vrací zpět na montáž, kde jsou opraveny a znovu odzkoušeny. Nezávažné chyby je možné odstranit seřízením mechanismu, což se provádí ve zkušební místnosti. Celé testování je prováděno s minimálním zatížením mechanismů, dochází k zaběhnutí mechanismů a odzkoušení zda nedochází k zadrhávání, nadměrnému tření a neplynulosti chodu.

Mechanismy jsou do montážní pozice nad testovací stanicí přemísťovány pomocí dvou sloupových jeřábů. Nezastavěný prostor místnosti má rozměry 5,7m x 5,7m, její schematické znázornění místnosti je na obr. 10. Mechanismy jsou zkoušeny na dvou testovacích stanicích a na zkušebním stole, jejich upínání na pozici je řešeno šroubovými spoji. Na zkušebním stole je zkoušen mechanismus ústníku.



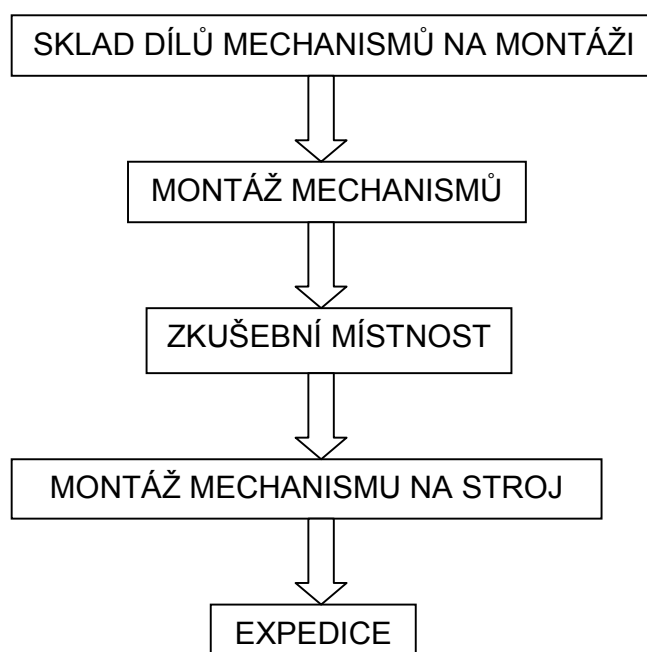
Obr. 10 Půdorys místnosti a umístění současných zkušebních stanic

1.5 Manipulace s mechanismy

Manipulace s mechanismy ve Sklostroji Turnov CZ, s.r.o. je rozdělena do manipulace s materiálem při výrobě a manipulace s materiálem ve zkušební místnosti. V manipulaci při výrobě jsou materiálem jednotlivé součástky mechanismů a při manipulaci v testovací místnosti jsou materiálem již vyrobené mechanismy. Do toku mechanismů při výrobě spadá tok mechanismů ve zkušební místnosti.

1.5.1 Tok mechanismů při výrobě

Tok mechanismů při výrobě je schematicky znázorněn na obr. 11. Všechny zkoušené mechanismy mají společný tok, během kterého se na jednotlivých typech mechanismů provedou požadované manipulační úkony a operace, přičemž počet úkonů je u jednotlivých mechanismů různý.

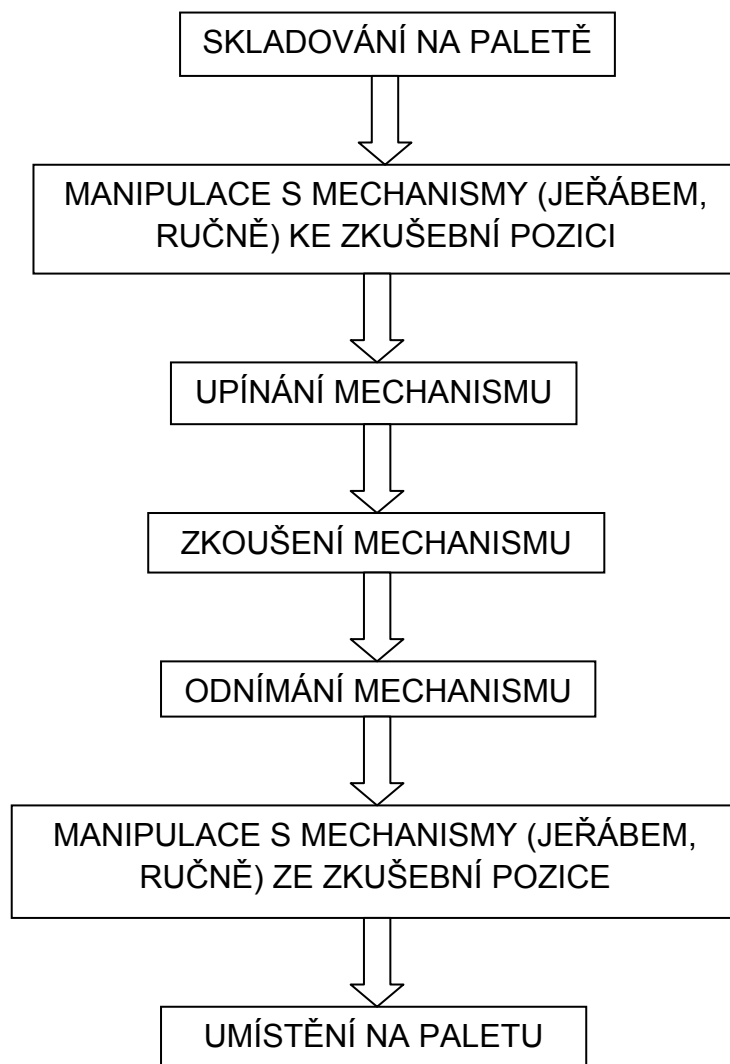


Obr. 11 Manipulační tok při výrobě

Z hlediska teorie materiálového toku se jedná o nespojitý materiálový tok, s nesterými dopravními dávkami. Časový interval mezi dvěma po sobě následujícími stavy neboli takt je nesynchronizovaný a množství mechanismů, které prochází daným místem materiálového toku je proměnné a je závislé na velikosti vyráběného stroje [3]. Pro osmisekční IS stroj je třeba 9 mechanismů (jeden náhradní) od každého typu. Z obr. 7, 8, 9 je vidět, že počet mechanismů nemusí být vztažen na výrobu jednoho IS stroje, na paletách je umístěno 19 překlápěcích mechanismů a 10 mechanismů odnímače.

1.5.2 Tok mechanismů ve zkušební místnosti

Zkušební místnost má vlastní tok mechanismů. Z výroby jsou do místnosti zavezeny 1-2 palety s mechanismy a jejich umístěním začínají manipulační úkony a operace, které probíhají jen v prostoru zkušební místnosti. Tento tok mechanismů je zobrazen na obr. 12.



Obr. 12 Manipulační tok ve zkušební místnosti

Základem dopravy jsou palety, které tvoří operační zásobu, následuje manipulace s mechanismy ke zkušební pozici, která je podle typu mechanismu prováděna jeřábem nebo ručně. Na obr. 13 jsou používané palety. Následuje upnutí mechanismu na zkušební pozici, ve které je mechanismus odzkoušen. Zkoušení mechanismů probíhá podle návodů, které obsahují dobu trvání zkoušky, použité přípravky a zkoušené oblasti. Po odzkoušení se mechanismus odejme ze zkušební pozice a je umístěn zpět na paletu (držák). Při odhalení závady se mechanismus seřídí přímo ve zkušební místnosti, pokud nepomůže seřízení, je mechanismus odvezen na montáž. Celý cyklus se opakuje, dokud se neodzkouší celá paleta.



Obr. 13 Používané palety (držáky)

1.6 Časová náročnost zkoušek a zkoušené oblasti

Trvání zkoušek jednotlivých mechanismů je dáno návodkami ke zkouškám. Mechanismy jsou ve zkušební provozu po dobu 30 až 60 minut, množství pohybů mechanismu je dáno takty za minutu. Časová náročnost zkoušky nezahrnuje čas dopravy mechanismů do zkušební místnosti, umístění ve zkušební místnosti, manipulace ke zkušební pozici, upnutí a odnímání mechanismu na zkušební pozici. Při zkouškách dochází i k seřízení a nastavení některých mechanismů.

Všeobecně u mechanismů dochází ke zkoušení:

- těsnosti -kontrola zda neuniká vzduch nebo olej z hydraulického systému tlumení. Záběh mechanismu hydraulického tlumení se provádí při přetlaku 0,8 MPa za současného proplachu mechanismu;
- rovnoměrnosti a plynulosti pohybu;
- měření délky zdvihů a úhly natočení (jen u některých mechanismů);
- regulace rychlosti pohybu;
- záběhu mechanismu-servomotoru;
- kontroly úplnosti a jakosti.

1.7 Souhrnné zhodnocení současného stavu

V současné zkušební místnosti jsou zkoušeny mechanismy na dvou upravených sekcích řadového stroje. Stanice nevyhovují pro tento účel svými rozměry, umístěním, komplikovanou přístupností k testovaným mechanismům a celý testovací cyklus nevyhovuje zejména z hlediska časové náročnosti. Vzhledem ke stávajícímu rozmístění se dá zkoušet jeden v některých případech dva mechanismy současně. Mechanismy jsou v místnosti přemísťovány pomocí sloupových jeřábů, které je přepravují rovnou ze speciálních držáků k testovací pozici, v místnosti se pak nachází po celou dobu testování navíc paleta nebo speciální držáky. Je důležité poznamenat že, sloupové jeřáby svými rozměry nedovolují obsloužit celý půdorys testovací místnosti.

1.7.1 Výhody současného stavu

Výhody současného uspořádání lze shrnout do následujících tří bodů:

- zažitý systém zkoušení mechanismů;
- použití sekcí řadového stroje, kde je známa konstrukce.

1.7.2 Nevýhody současného stavu

Hlavními nevýhodami stávajícího uspořádání jsou:

- nemožnost zkoušet více mechanismů (časová náročnost zkoušení)
- špatný přístup k jednotlivým sekcím;
- špatná manipulovatelnost s mechanismy způsobená rozměry jednotlivých stanic a používáním sloupových jeřábů (radiální využití prostoru);
- přívody energií realizovány nekrytými hadicemi a trubkami;
- nevhodné umístění palet s mechanismy ve zkušební místnosti;
- velké půdorysné rozměry současných zkušecích stanic.

1.8 Technická specifikace výchozí testovací místnosti

V tab. 1 jsou uvedeny základní údaje o rozměrech místnosti, energiích, zdvihacích zařízeních, manipulačních prostředcích a zkoušených mechanismech. Při testování mechanismů se používají přípravky simulující zatížení mechanismů, jedná se o zjednodušené modely součástí na mechanismech umístěných při výrobě. Upínací, ovládací a připojovací prvky jsou součástí zkušebních stanic. Rozvody elektřiny jsou rozmístěny po stěnách, které lze využít pro umístění nových zkušebních pozic a podle nového rozmístění nových testovacích pozic by došlo k jejich přemístění na místo, které bude vyhovující. Jejich stávající umístění je patrné z obr. 7, 9 a 18.

Tab. 1 Technická specifikace stávající testovací místnosti

| | | | |
|--|---|--|---------------------|
| Místnost | Nezastavěné prostory | Rozměry | 5,7 m-5,7 m |
| | | Plocha | 32,5 m ² |
| | Energie | Přetlakový pracovní vzduch | 0,6 MPa |
| | | Elektrický proud | 230/400 V |
| | | Hydraulika | min 0,8 MPa |
| Sloupové jeřáby | Počet | 2 | |
| | Nosnosti | 125 kg | |
| | Radiální dosah | 1. jeřáb | 3 m |
| | | 2. jeřáb | 4 m |
| | Kladkostroj | elektrický řetězový | |
| Zkušební stanice | Počet | 2 | |
| | Konstrukce | Jednotlivé sekce řadového stroje AL118 | |
| | Počet náraz testovaných mechanismů | 1, max. 2 | |
| | Půdorysné rozměry | Zkuš. stanice 1 | 1,2 m x 2,2 m |
| | | Zkuš. stanice 2 | 1 m x 2,5 m |
| Paletový vozík (obecné rozměry) | Délka vidlic | 1150 mm | |
| | Rozteč vidlic | 520 mm | |
| | Hmotnost | 68 kg | |
| Paleta se speciálními držáky | Rozměry | 1200x800x144 mm | EUR paleta |
| Zkoušené mechanismy (společné podmínky) | Použité energie | Přetlakový pracovní vzduch | |
| | Rozsah hmotností | 40 až 123 kg | |
| | Zkušební rychlost | 6-8 taktů/min | |
| | Zkušební doba | 30-60 min | |
| | Bližší specifikace mechanismů dány návodkami na zkoušení. | | |

1.9 Souhrn požadavků na novou zkušební místnost

Mezi hlavní požadavky vyplívající z rozboru stávající testovací místnosti patří:

- rozšíření počtu pozic k testování, tím dojde k výraznému zkrácení časů potřebných k testování mechanismů;
- pozice řešit jako samostatné testovací pozice dle typu mechanismu, nebo univerzální s výměnnými prvky, které umožňují přestavbu podle typu mechanismu;
- zvážit změnu systému zdvihacích zařízení ke zjednodušení manipulace s mechanismy pro zvolenou konstrukční variantu testovacích stanic;
- stanici řešit jako mobilní.

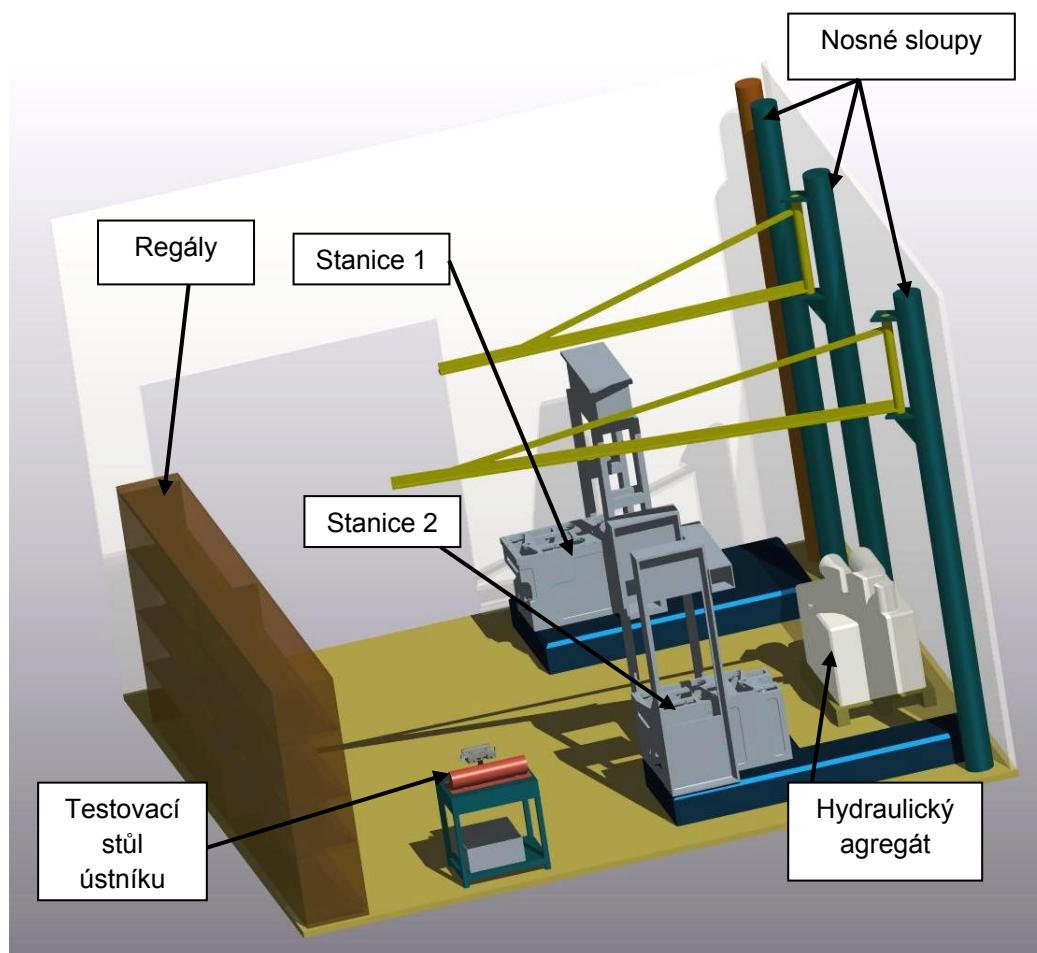
2. Alternativní studie layoutu zkušební místnosti

Tato část obsahuje 3D model stávající místnosti a studie možných změn, které je možné v místnosti podstoupit. Mezi hlavní změny patří:

- změna umístění a typu zdvihacích zařízení
- změna konstrukce a rozmístění testovacích stanic

2.1 Počítačový 3D model stávající místnosti

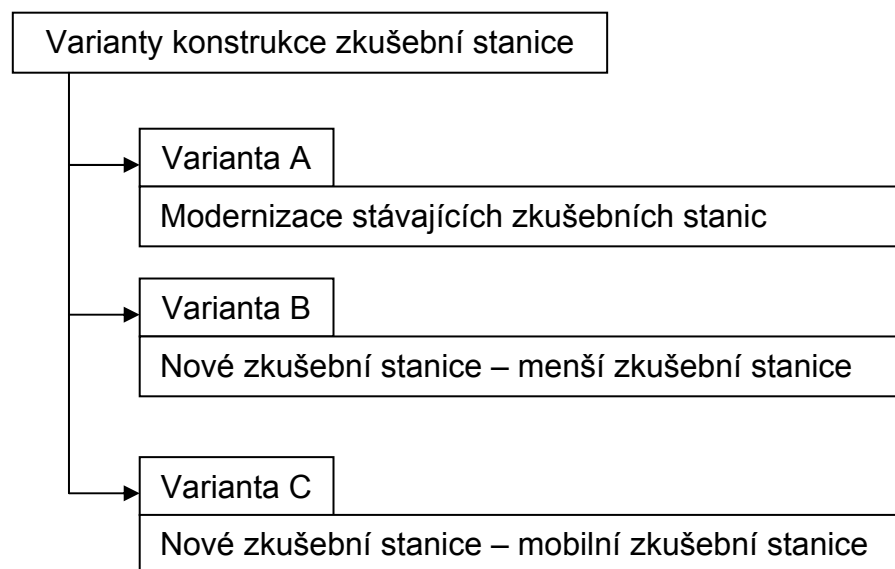
Pomocí ProEngineeru Wildfire 4 je vytvořen zjednodušený 3D model místnosti, který poslouží jako základ pro modernizaci místnosti. Z obr. 11 a 12 je patrné prostorové využití místnosti a umístění zkušebních stanic zabírajících nejvíce místa. Chybí zde zobrazení ovládacích prvků stanic, rozvod stlačeného vzduchu a tlakové kapaliny a držáků se zkoušenými mechanismy, které jsou umístěny na volné pozice v manipulačním prostoru zdvihacích zařízení. Umístění těchto prvků testovací místnosti je patrné z obr. 5 až 9.



Obr. 14 3D model místnosti – pohled z místnosti do dveří

2.2 Alternativní studie konstrukce testovací stanice

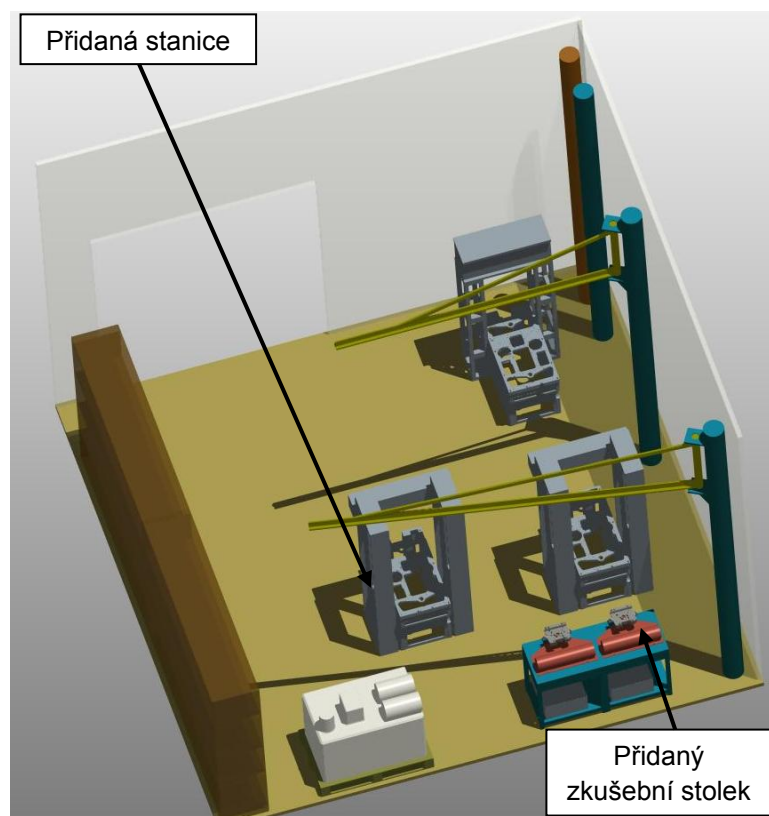
Nová konstrukce musí zvýšit počet pozic na zkoušení mechanismů, mít lehkou a jednoduchou konstrukci, umožňovat snadný přístup ke zkoušeným mechanismům. Uvažované varianty jsou uvedeny na obr. 15.



Obr. 15 Uvažované varianty nové zkušební stanice

Variant A - Modernizace stávajících zkušebních stanic

U obou zkoušecích stanic lze odebrat podstavec, čímž se zmenší zkušební stanice a zvětší se využitelný prostor. Vzniklý prostor je možné využít na další zkušební stanice, které s jistou modernizací vycházejí ze starých zkušebních stanic. Přidání 1-2 zmodernizovaných stanic se zvýší počet testovacích pozic, ale znesnadní to pohyb po místnosti, kontrolu mechanismů při zkoušení a zabrání to umístění držáků mechanismů. Kvůli přidaným pozicím je potřeba brát v úvahu umístění ovládání a vzniku dalších překážek ve formě vedení energií. Pro celkovou úpravu rozvodu energií je potřeba předělat stávající rozvody, což je spojeno s náklady a stavebními úpravami. Zaplnění prostoru po přidání 1 stanice a rozšíření zkušebního stolu je patrné z obr. 16.



Obr. 16 Zaplnění místnosti po přidání 1 stanice a zkušebního stolku

Výhody:

- zachování stávajícího řízení a přívodu energií;
- poměrně jednoduchá úprava stanic.

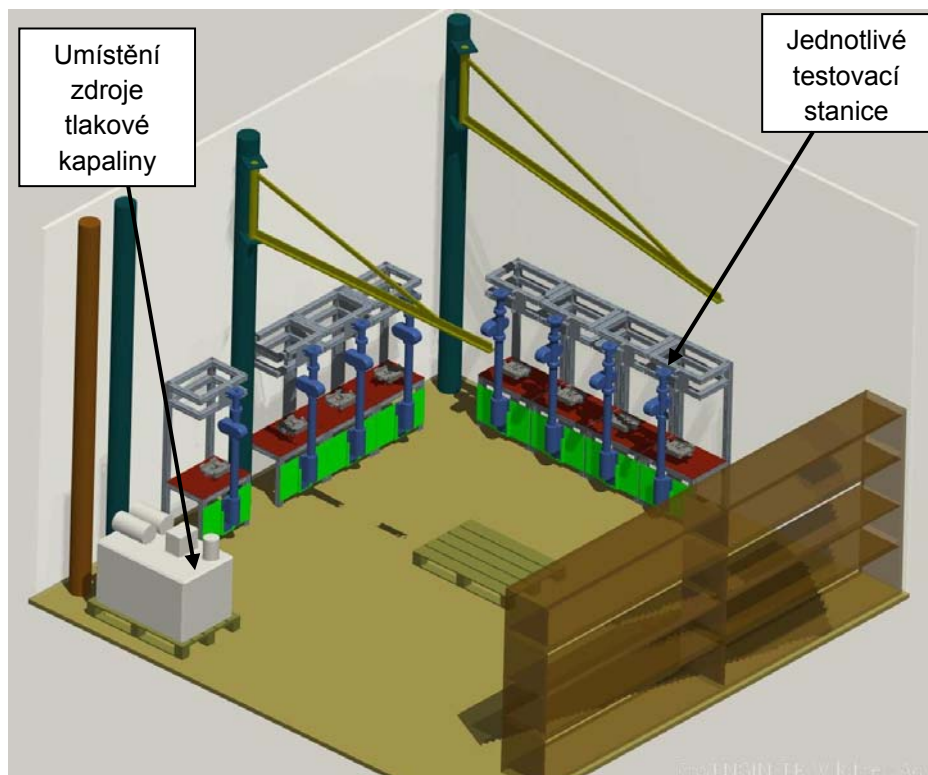
Nevýhody:

- neznámá konstrukce přidané stanice;
- malý počet nově vzniklých testovacích pozic;
- rozmístění testovacích stanic zabírá hodně prostoru.

Varianta B – Menší zkušební stanice

Uvažovaná varianta je na obr. 17. Nové zkušební stanice jsou rozděleny na více menších zkušebních stanic, které využívají prostory okolo zdí, takto umístěné stanice jsou ukotveny do zdi tak, aby se dosáhlo stability stanic. Nové pozice musí být umístěny v dosahu zdvihacích zařízení a nynější zdvihací zařízení neobsluhuje všechny zdi místnosti, čímž se nám snižuje počet pozic, ale vzniká prostor pro případné umístění ovládání, rozvodů a zdrojů energií. Tato varianta sice neumožňuje pohyb zkušebních stanic po místnosti, ale využití stěn místnosti uvolní většinu prostoru zabraného stávajícím rozmístěním stanic, který je využitelný pro manipulační operace a případně pro přidavné zkušební pozice. Pro testování jsou potřeba výměnné prvky, které umožní testování všech mechanismů. Základní

rozměry stanic vycházejí z rozměrů prostorů potřebných pro nekolizní pohyb mechanismů, z desky IS stroje vyplývá šířka pozice na testování, která je 540 mm.



Obr. 17 Rozmístění nových testovacích stanic

Výhody:

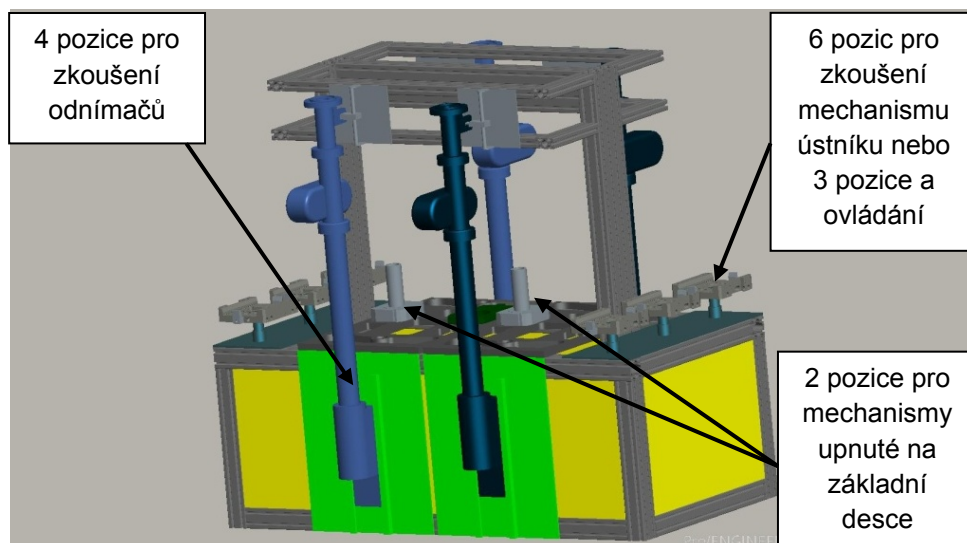
- dobré využití prostoru okolo zdí;
- konstrukce z duralových profilů;
- dobrá obslužnost stávajícím systémem zdvihacích zařízení;

Nevýhody:

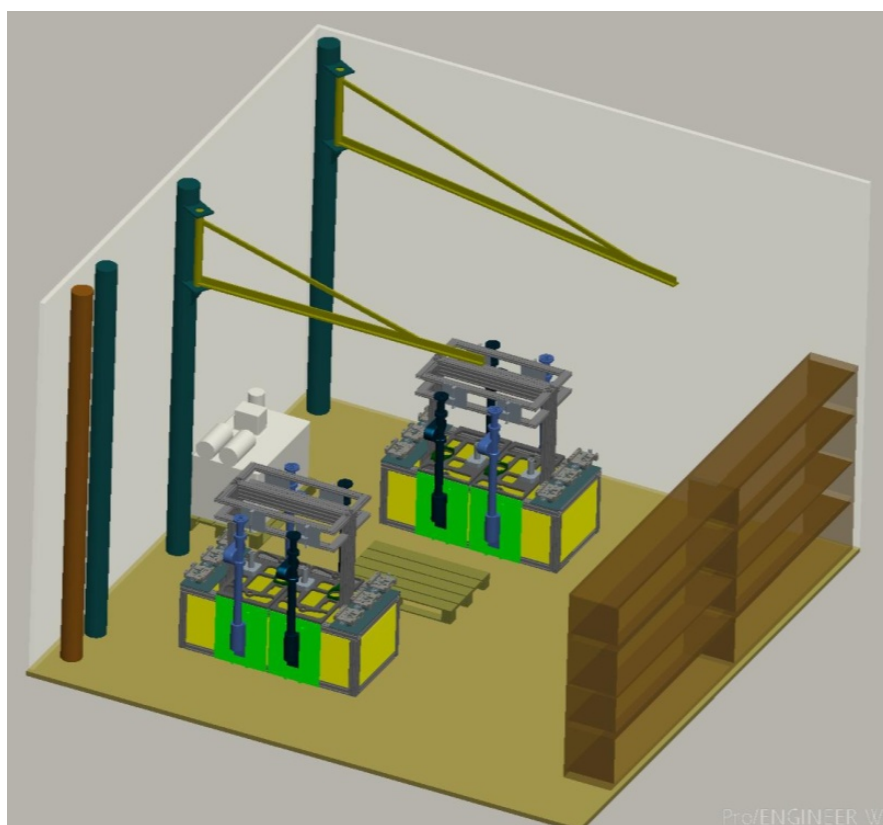
- vyhrazený prostor pro výměnné prvky testovacích pozic;
- stavební zásah – kotvení stanic do zdí;
- špatný přístup k mechanismům při zkoušení;
- pro zkoušení jednoho typu mechanismu nutná úprava upínacích přípravků.

Varianta C – Mobilní zkušební stanice

Zobrazení této varianty je na obr. 18 a jejich rozmístění v místnosti na obr. 19. Zkušební stanice vycházejí ze stávajících konstrukcí IS stroje, které nám udávají prostory nutné pro nekolizní pohyb mechanismů. Tyto prostory jsou dány deskou stolu IS stroje (540 mm x 889 mm). Pomocí duralových profilů se sestaví zkušební stanice na vhodný počet pozic, rozměry této stanice se odvíjejí z velikosti místnosti. Dají se využít i boční prostory stolu na zkoušení ústníku a umístění ovládání stanice. Konstrukce je mobilní a obsahuje všechny rozvody a ovladače.



Obr. 18 Základní návrh konstrukce z duralových profilů



Obr. 19 Návrh umístění varianty C v místnosti

Na obr. 19 je rozmístění, které je přizpůsobeno stávajícím zdvihacím zařízením a umístění palety je v překrytém manipulačním prostoru jeřábů. Tato varianta je prostorově náročnější, přičemž je zabrán i prostor použitelný pro odkládání palet a další prostor zaberou výměnné prvky k upínání mechanismů. U této varianty je nutné uvažovat o meziskladu na odkládání palet. Při umístění jedné

nové zkušební stanice do místnosti se rozšíří počet zkušebních pozic a uvolní se prostor pro uskladnění držáků, které nebude potřeba přesouvat do meziskladu. Další část uvolněného prostoru při umístění jedné stanice lze využít pro uskladnění příslušenství zkušební stanice.

Výhody:

- mobilní řešení zkušebních stanic;
- konstrukce z duralových profilů;
- malý stavební zásah do místnosti;
- přístup k mechanismům ze všech stran;
- ovládání součástí stanice.

Nevýhody:

- stabilita zkušební stanice, způsobená nižší hmotností;
- při umístění dvou zkušebních stanic prostorově náročnější varianta;

2.3 Výběr nejlepší varianty zkušební stanice

Pro výběr varianty k projektovému řešení byly brány v úvahu tři varianty:

- VARIANTA A - Modernizace stávajících zkušebních stanic
- VARIANTA B - Nové zkušební stanice (menší zkušební stanice)
- VARIANTA C - Nové zkušební stanice (mobilní zkušební stanice)

Pro výše uvedené varianty byla pro výběr optimální alternativy použita metoda rozhodovací analýzy, která účelně propojuje přednosti empirického a exaktního rozhodování, patří do heuristických metod [10]. Pro volbu vhodné studie zdvihacího zařízení byla uvažována tato kritéria:

- přístup k mechanismům;
- rozšíření počtu pozic;
- mobilita zařízení;
- zastavění prostoru místnosti;
- stavební úpravy;
- náklady.

Tab. 2 Rozhodovací analýza pro výběr konstrukce stanice

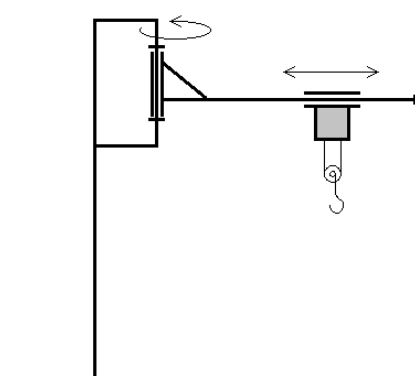
| Párové srovnání kritérií | | | | | Matice užítosti alternativ | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------|--------------------|------|----------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| | | | | | X | | A | | B | | C | | |
| | | | | | Hodnota | | Hodnota | | Hodnota | | Hodnota | | |
| Poř. čís. | Název kritéria | Počet voleb | Pořadí významnosti | Váha | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá |
| 1. | přístup k mechanismům | 4 | 2 | 5 | 100 | 500 | 80 | 400 | 50 | 250 | 90 | 450 | 90 |
| 2. | rozšíření počtu pozic | 5 | 1 | 6 | 100 | 600 | 30 | 180 | 95 | 570 | 95 | 570 | 95 |
| 3. | mobilita zařízení | 2 | 4 | 3 | 100 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 300 | 100 |
| 4. | zastavění prostoru místnosti | 3 | 3 | 4 | 100 | 400 | 95 | 380 | 30 | 120 | 80 | 320 | 80 |
| 5. | stavební úpravy | 0 | 6 | 1 | 100 | 100 | 30 | 30 | 70 | 70 | 40 | 40 | 40 |
| 6. | náklady | 1 | 5 | 2 | 100 | 200 | 30 | 60 | 85 | 170 | 85 | 170 | 85 |
| Celkem | | | | | | | | 1050 | | 1180 | | 1850 | |
| Užitnost v relativním vyjádření [%] | | | | | | | | 50% | | 56% | | 88% | |
| Pořadí alternativ podle užítosti | | | | | | | | 3. | | 2. | | 1. | |

Na základě výsledků rozhodovací analýzy byla vybrána varianta C, jedná se o mobilní zkušební stanici.

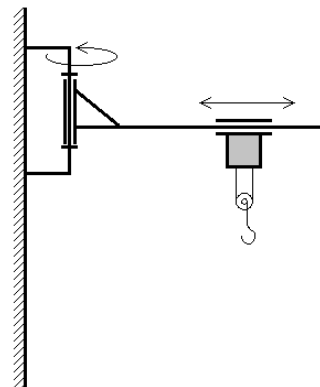
2.4 Alternativní studie zdvihacích zařízení

Dnešní nabídka firem zabývajících se jeřáby je rozsáhlá. Pro ukázkou z nabídky byly vybrány jeřáby, které nabízí firmy např. TAUŠ, ITECO a DEMAG (obr. 20):

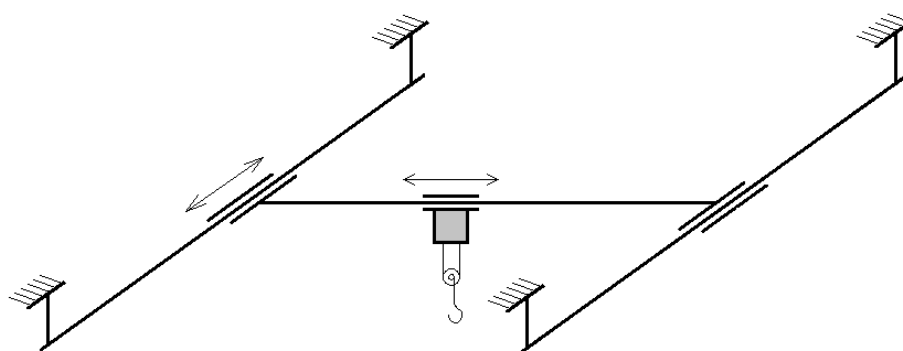
- otočné:
 - sloupové (typ LSX, LS)
 - nástěnné (typ LWX, LW)
- mostové
 - jednonosníkové
 - dvounosníkové
 - podvěsné systémy



a) otočný sloupový jeřáb



b) nástěnný otočný jeřáb



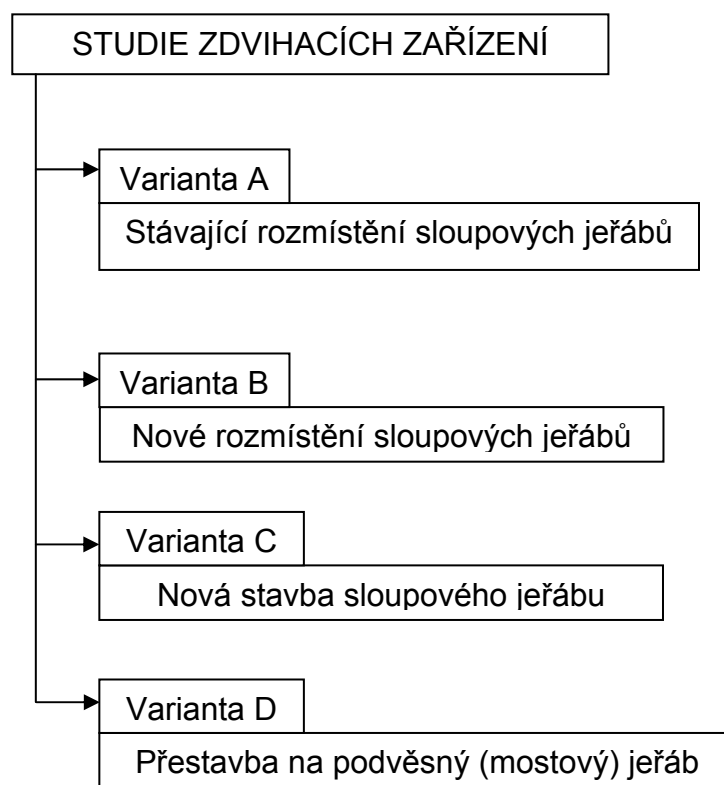
c) podvěsný (mostový) jeřáb

Obr. 20 Schémata vyráběných jeřábů

Typy jeřábů jsou omezeny nosnostmi, rozpětím (otočné jeřáby), odstupem zavěšení (podvěsné systémy). Testovací místnost udává maximální rozměry jeřábu:

- pro otočný je rozpětí (poloměr) do 5,5 m;
- pro mostový nebo podvěsný systém jsou rozhodující využitelné prostory místnosti, které jsou 5,7x5,7 metrů a plocha je 32.5 m² (obr. 10).

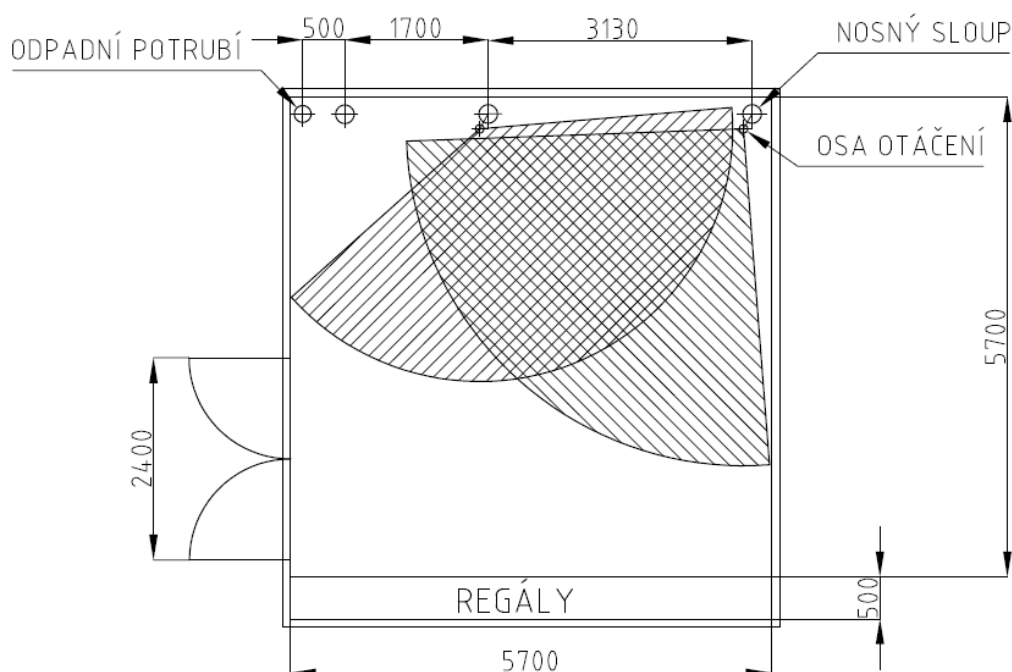
Pro stávající jeřáby je nosnost 125 kg, pokud dojde k úpravě zdvihacích zařízení, jejich nosnost je zvolena na 160 kg. Základní informace o stávajících jeřábech jsou uvedeny v Tab. 1. Plynulejšího, jednoduššího layoutu místnosti se dá dosáhnout rozšířením pracovního prostoru zdvihacích zařízení. Znázornění uvažovaných studií je na obr. 21.



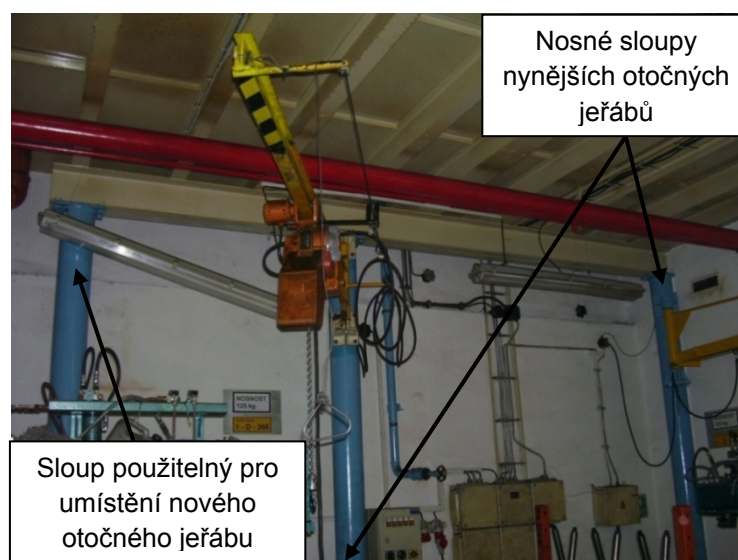
Obr. 21 Uvažované studie zdvihacích zařízení

Varianta A - Stávající rozmístění sloupových jeřábů

Na obr. 22 je vidět pracovní prostor pokrytý stávajícími sloupovými jeřáby a 3D model je znázorněn na obr. 14. Stávající rozmístění pokrývá zhruba 1/2 prostoru místnosti, pracovní prostory se navíc značně překrývají. Pro nynější rozmístění zkušebních stanic je však pracovní prostor jeřábů dostačující. Při zachování stávajícího rozmístění vzniká omezení při návrhu konstrukce a rozmístění zkušebních stanic, jejich konstrukce musí zabírat v půdorysu co nejméně prostoru. Prostor, kde se překrývají manipulační prostory, je využit pro umístění palet s mechanismy, tím je zaručena obslužnost palety oběma jeřáby najednou.



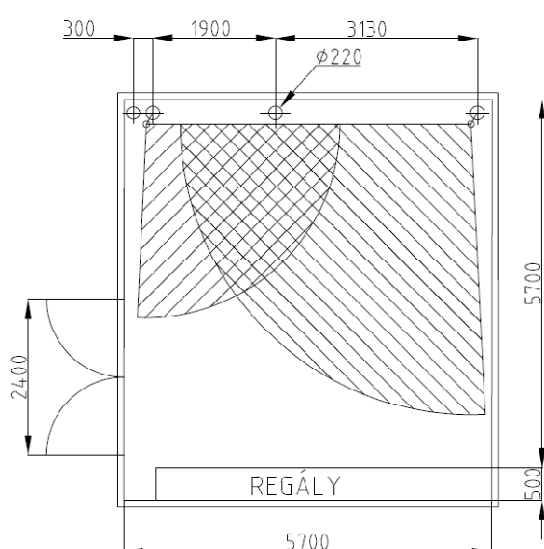
Obr. 22 Půdorys manipulačního prostoru stávajícího uspořádání



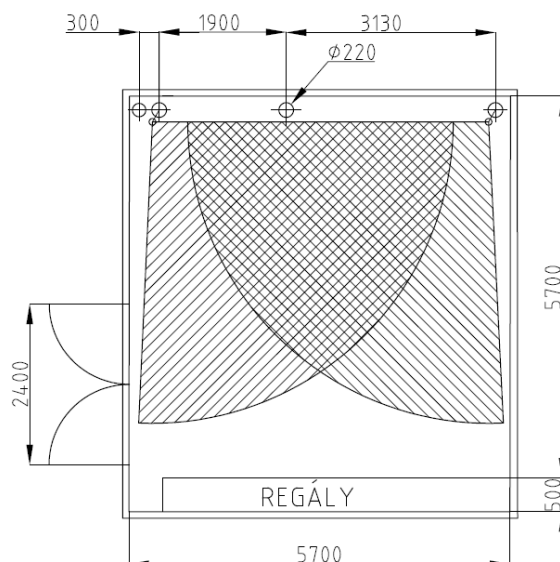
Obr. 23 Umístění nosných sloupů

Varianta B - Nové rozmístění sloupových jeřábů

V tomto návrhu se dá použít stávající jeřáb umístěný v rohu místnosti. Jeho by se dosáhlo snížení nákladů na přestavbu a rozsah stavebních úprav. Nevýhodou varianty je radiální obslužnost prostoru, která znesnadňuje pohyb mechanismů po místnosti k testovacím pozicím. Při použití otočných jeřábů se jejich prostory musí překrývat takovým způsobem, aby vznikl obslužný prostor pro držáky mechanismů. Jeřáb umístěný uprostřed stěny se dá přemístit na nevyužitý sloup v místnosti, čímž dojde k rozšíření manipulačního prostoru, obr. 24. Mezi stavební úpravy by patřilo navaření držáku jeřábu na nevyužitý sloup a přívod elektrického proudu. Při nedostatečném vykrytí prostoru přesunutým stávajícím jeřábem by se na jeho nové místo navrhl jeřáb s větším rozpětím (poloměrem). Půdorysné pohledy na pokrytý prostor u této varianty je na obr. 25.



Obr. 24 Varianta B - stávající jeřáb na nevyužitém sloupu



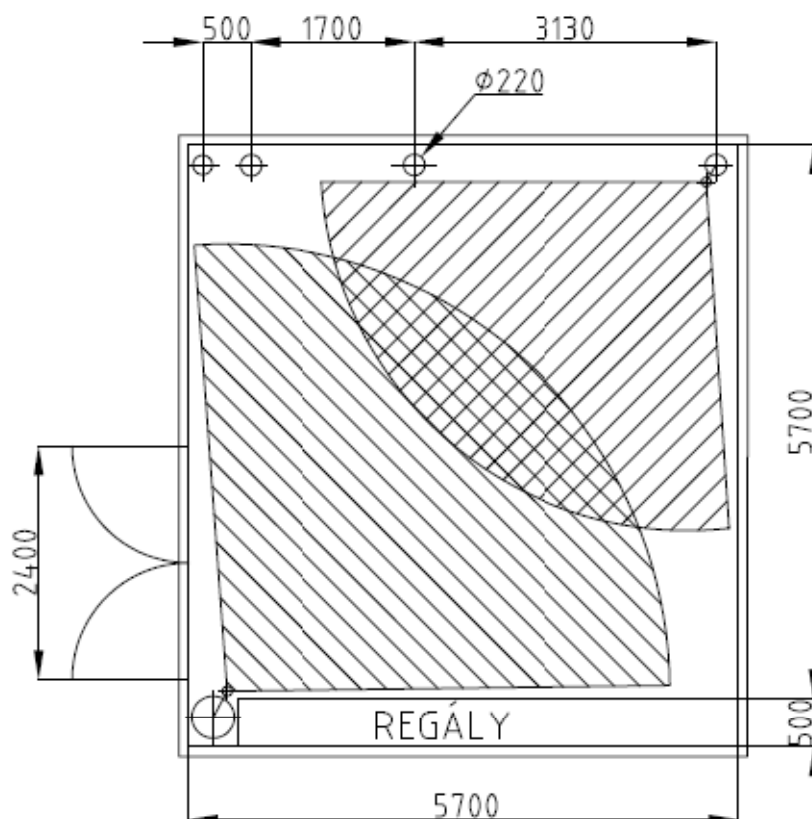
Obr. 25 Varianta B – nová konstrukce jeřábu na nevyužitém sloupu

Do výpočtové části této varianty se musí zahrnout stanovení statické únosnosti nosného sloupu použitého pro nový sloupový jeřáb. V případě bližšího konstrukčního řešení je určení statické únosnosti nosného sloupu na firmě Sklostroj TURNOV CZ s.r.o.

Varianta C - Nová stavba sloupového jeřábu

I v této variantě by se zachoval stávající sloupový jeřáb v rohu místnosti a nový sloupový jeřáb by se umístil do protějšího rohu místnosti. S novým sloupovým jeřábem v rohu jsou spojeny stavební úpravy, do kterých patří hlavně umístění nového nosného sloupu, touto variantou by došlo k pokrytí většiny prostoru místnosti a prostor u všech volných zdí, které se dají využít pro umístění testovacích pozic.

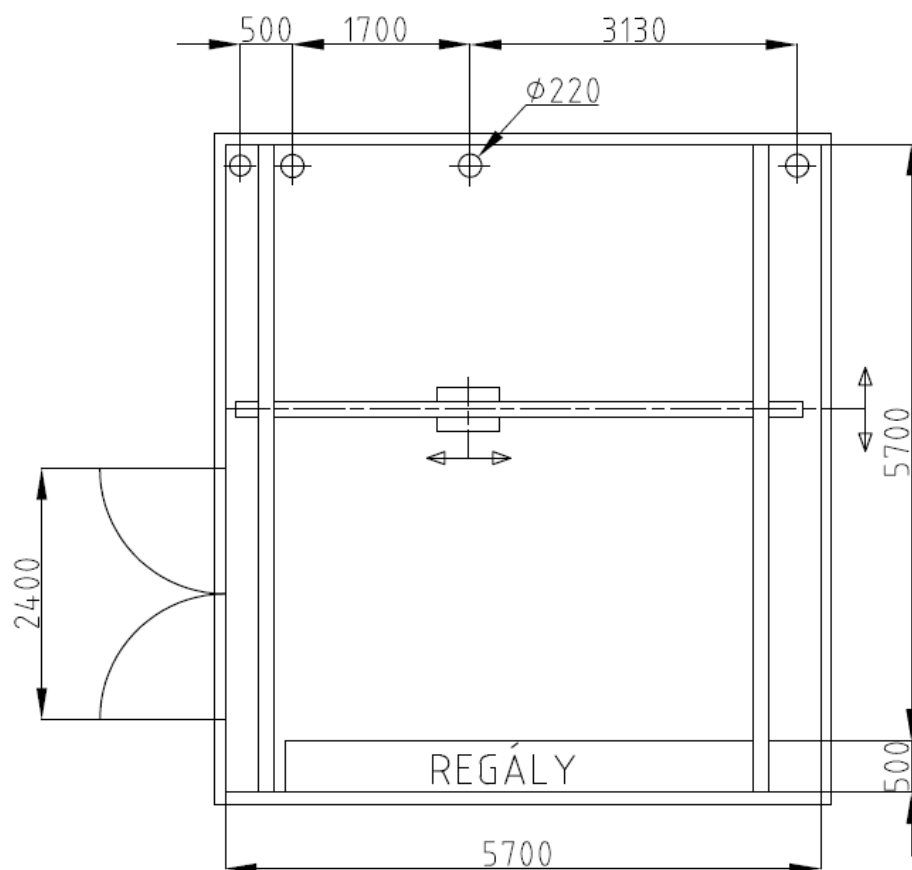
Obslužnost místnosti je stále radiální jako ve variantě A i B. Půdorys této varianty je zobrazen na obr. 26.



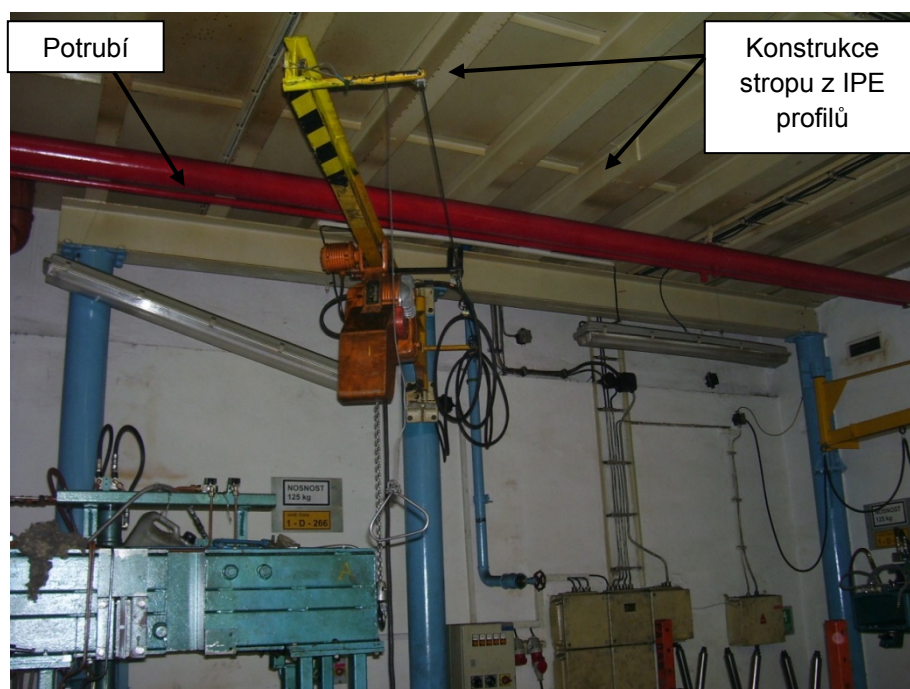
Obr. 26 Varianta C

Varianta D - Přestavba na podvěsný jeřáb

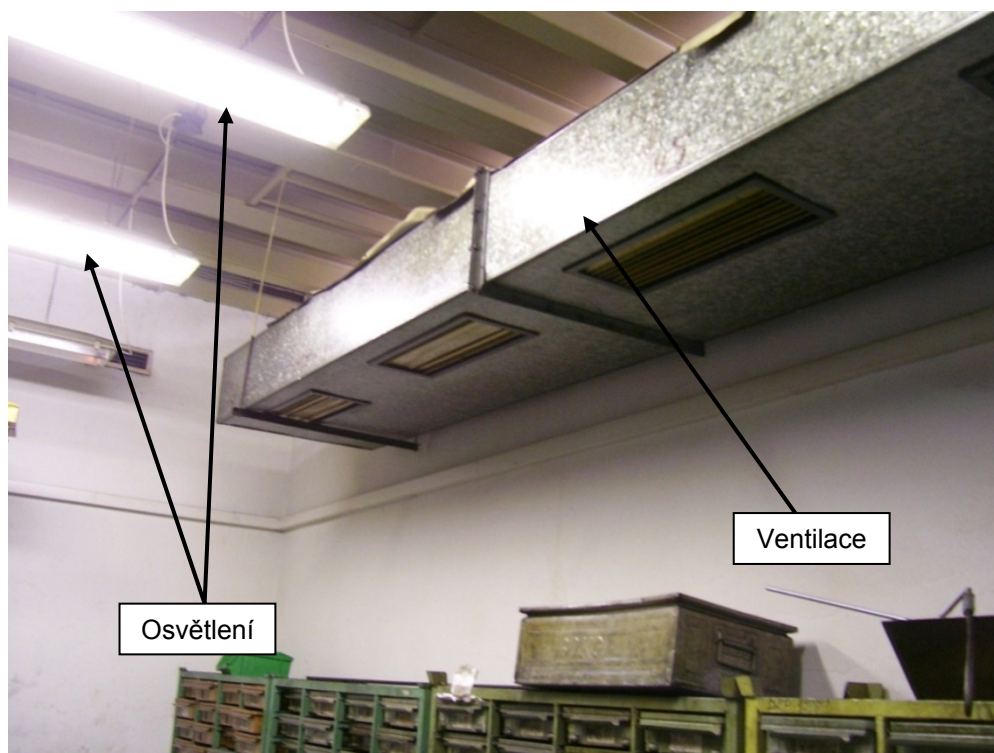
Na obr. 27 je zobrazen půdorys možného řešení, při kterém dochází k využití celé zkušební místnosti přestavbou na podvěsný jeřáb. Zvětší se prostor okolo zkušebních stanic (lepší přístup obsluhy stanic k mechanismům) a podle rozměrů držáků na mechanismy by se určilo místo pro jejich dočasné umístění tak, aby nebránilo v přístupu ke stanicím a nezasahovalo do přístupových cest. Podvěsný jeřáb umožňuje přesnější a snazší obslužnost prostoru. Konstrukce stropu testovací místnosti je tvořena ocelovými IPE profily, které se dají použít pro zavěšení podvěsného jeřábu. Pokud by konstrukce stropu nedovolovala přímé zavěšení podvěsného jeřábu, tak je zde možnost sestavit nosný rám z profilů např. od firmy HILTI. Využití mostového jeřábu je nevhodné z důvodu složité přestavby místnosti, která není pro mostový jeřáb projektována.



Obr. 27 Varianta D - Příklad umístění podvěsného jeřábu



Obr. 28 Konstrukce stropu 1



Obr. 29 Konstrukce stropu a překážky 2

Na obr. 28 a 29 je zobrazena konstrukce stropu a překážky, mezi které patří potrubí, ventilace a osvětlení. Tyto překážky jde podvěsným systémem obejít a v prostoru ventilace není zdvihací zařízení potřeba, protože tento prostor vyplňují regály. Stávající jeřáby též tvoří překážku, jejich demontáží z nosných sloupů se tato překážka odstraní.

2.5 Výběr nejlepší varianty zdvihacího zařízení

Výběr nejlepší varianty je prováděn ze čtyř uvažovaných variant systému zdvihacího zařízení:

- VARIANTA A - Stávající rozmístění sloupových jeřábů
- VARIANTA B - Nové rozmístění sloupových jeřábů
- VARIANTA C - Nová stavba sloupového jeřábu
- VARIANTA D - Přestavba na podvěsný jeřáb

Pro výše uvedené varianty byla opět použita metoda rozhodovací analýzy. Pro volbu vhodné studie zdvihacího zařízení byla uvažována tato kritéria:

- obslužnost prostoru místnosti;
- pokrytí prostoru místnosti;
- náklady;
- stavební úpravy.

Tab. 3 Rozhodovací analýza

| Párové srovnání kritérií | | | | | Matice užítosti alternativ | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------------|------|----------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | | | | A | | B | | C | | D | |
| | | | | | Hodnota | | Hodnota | | Hodnota | | Hodnota | |
| Poř. čís. | Název kritéria | Počet voleb | Pořadí významnosti | Váha | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená |
| 1 | stavební úpravy | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 2 | obslužnost prostoru místnosti | 1 | 3 | 2 | 50 | 100 | 50 | 100 | 50 | 100 | 100 | 200 |
| 3 | pokrytí prostoru místnosti | 3 | 1 | 4 | 40 | 160 | 60 | 240 | 70 | 280 | 90 | 360 |
| 4 | náklady | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 70 | 210 | 80 | 240 | 80 | 240 |
| Celkem | | | | | | 260 | | 590 | | 680 | | 860 |
| Užitnost v relativním vyjádření [%] | | | | | | 26 | | 59 | | 68 | | 86 |
| Pořadí alternativ podle užítosti | | | | | | 4. | | 3. | | 2. | | 1. |

Vybraná varianta D pomocí rozhodovací analýzy umožňuje výrazné zlepšení manipulace a tím pádem layoutu místnosti. Komplexní řešení tohoto zdvihacího systému nabízí firma Demag Cranes s.r.o., podrobnější pohled na toto řešení je v kapitole 3.

3. Konstrukční řešení vybraných návrhů

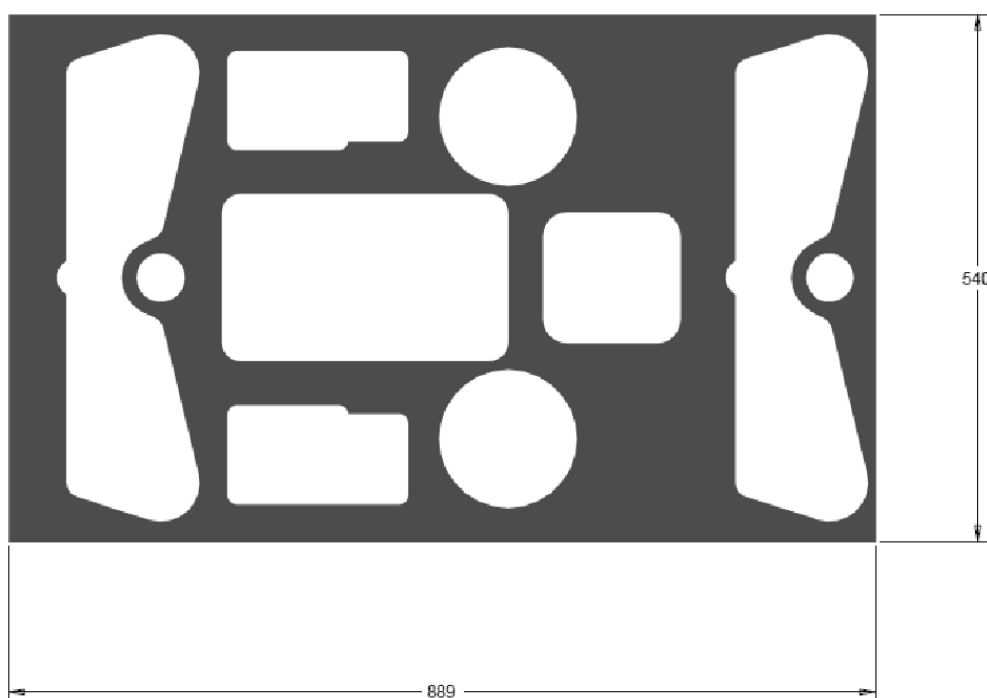
Kapitola tři obsahuje popis konstrukce zkušební stanice a užití podvěsného jeřábu v testovací místnosti.

3.1 Konstrukční řešení rámu testovací stanice

Tato kapitola obsahuje popis výsledné konstrukce nosného rámu jeho manipulace a úprav spojených s provozem.

3.1.1 Nosný rám

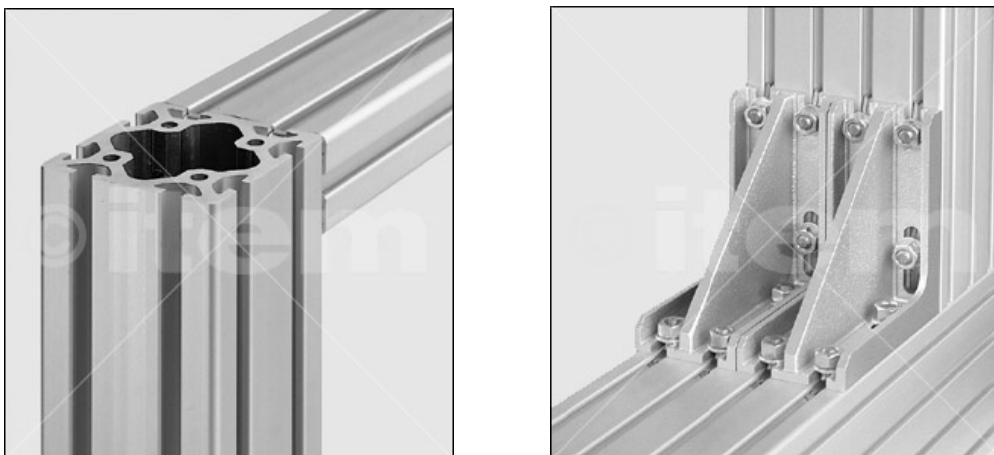
Návrh na nosný rám vychází z rozměrů současných stanic a jejich součástí, tím se zajistí bezproblémový chod mechanismů při zkoušení. Hlavním dílem z IS stroje, kterým se návrh řídí, je deska IS stroje zobrazena na obr. 30. Deska slouží k upínání testovaných mechanismů, výška stanice byla volena podle upínacích míst mechanismu odnímače a výztuhy profilu pro horní upínání odnímače. Dalším faktorem ovlivňujícím rozměry stanice je půdorysná velikost místnosti, půdorys místnosti je na obr. 10.



Obr. 30 Zjednodušená deska IS stroje

Pro konstrukci byly zvoleny duralové profily, které mají oproti svařované konstrukci výhodu v nižší hmotnosti a jednoduchosti montáže realizované konzolovými spoji. Nosný rám je tvořen normalizovanými extrudovanými duralovými

profily od firmy ITEM (obr. 31), jejich spoje jsou řešeny pomocí konzol od firmy ITEM a z nabídky katalogu MISUMI.



Obr. 31 Profily ITEM a příklad konzolového spoj [5]

Hmotnost duralového rámu:

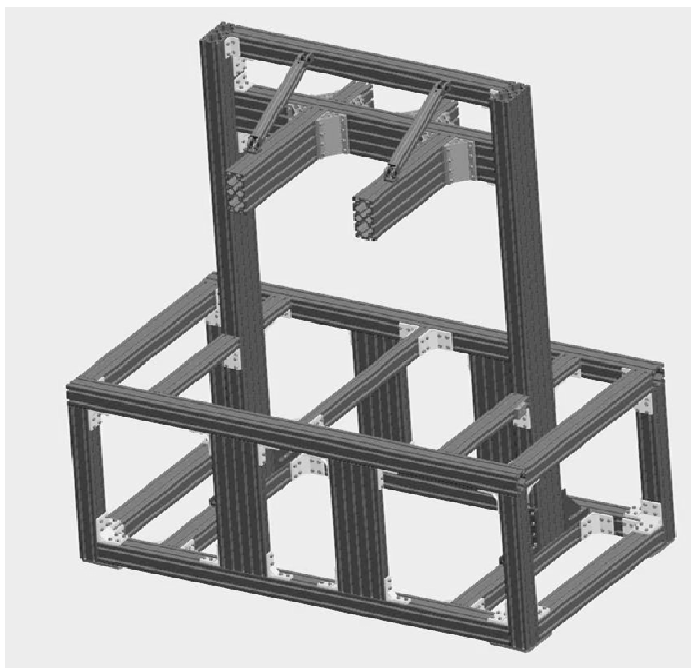
Hustota duralových profilů je $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$, která je uvedena v katalogu společnosti ITEM. Hmotnost jednotlivých typů profilů je dána katalogem a je uváděna v kg/m. Přehled použitých profilů a výpočet hmotností je v Tab. 4.[5]

Tab. 4 použité profily

| Rozměr profilu | Hmotnost (kg/m) | Σ počet x délka = (m) | Zaokrouhlené hmotnosti profilů (kg) |
|----------------|-----------------|--|-------------------------------------|
| 40x40 | 2,47 | 2 x 340 = 680 mm = 0,68m | 2 kg |
| 80x40 | 4,59 | 1 x 835 + 2 x 495 + 2 x 180 = 2185 mm = 2,185m | 10 kg |
| 80x80 | 7,19 | 6 x 835 + 4 x 600 + 2x 1700 + 1 x 1120 = 11930 mm = 11,930 m | 86 kg |
| 160x80 | 13,52 | 2 x 565 + 2 x 1750 + 2 x 165 = 4960 mm = 4,96 m | 67 kg |
| 200x40 | 10,69 | 4 x 520 = 2080 mm = 2,08m | 23 kg |

Celková hmotnost duralového rámu:

Hmotnost spojovacích konzol i se šrouby je určena dle údajů o hmotnostech uvedených dílů v katalogu a zaokrouhlena na 30 kg. Do výpočtu přibližné celkové hmotnosti jsou zahrnuty údaje z tab. 4 a zaokrouhlená hmotnost spojovacích částí.



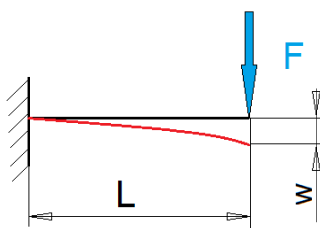
Obr. 32 3D model duralového rámu

3.1.2 Výpočet horní části nosného rámu

Pro horní část nosného rámu byla použita metoda konečných prvků (MKP). Důvodem je možné nejvyšší zatížení způsobené zavěšením mechanismu odnímače, jehož hmotnost je okolo 1230 kg. Materiálové hodnoty byly převzaty z katalogu firmy ITEM a rozměry jsou vzaty z 3D modelu nosného rámu. Aby se výsledky získané pomocí MKP blížily skutečnosti, bylo postupováno v krocích:

1. Výpočet horní konstrukce bez výztuhy (vetknutý nosník)

Tento výpočet je proveden pro zjištění hodnot maximálního ohybového momentu a posunutí. Tyto hodnoty budou posuzovány s metodou MKP.



$$\begin{aligned} F &= 1300 \text{ N}, \\ L &= 645 \text{ mm}, \\ E &= 70000 \text{ N/mm}^2, \\ J_y &= 12283300 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

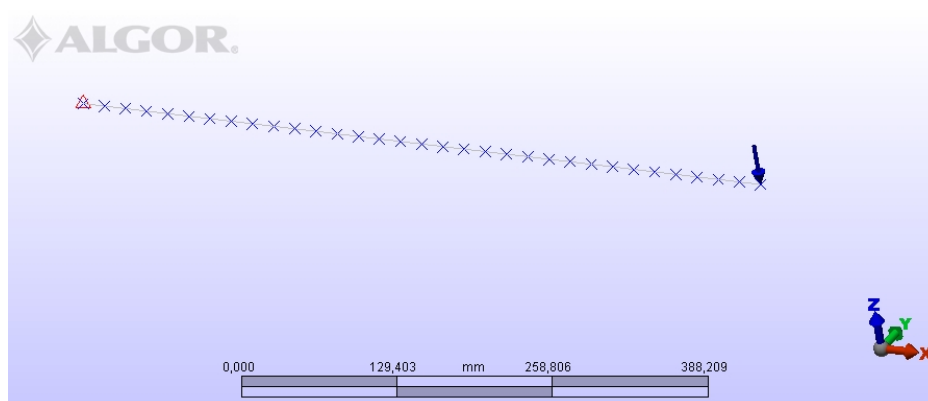
Obr. 33 vetknutý nosník

2. Užití metody konečných prvků (MKP)

K řešení byl použit program ALGOR FEMPRO a pro pevnostně - deformační analýzu byla použita analýza Static Stress with Linear Material Models. Všechny modely byly vytvořeny pomocí nosníkové konstrukce, která umožňuje v MKP zjistit silové i momentové zatížení. Zatížení horní konstrukce je dáno zavěšením mechanismu odnímače, toto zavěšení vytvoří zaokrouhlenou sílu $F = 1300 \text{ N}$.

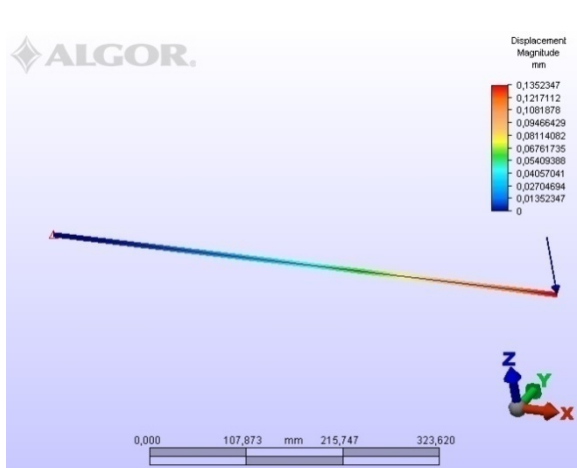
MKP pro horní konstrukci bez výztuhy

Na obr. 34 je vidět model vetknutého nosníku, kde trojúhelník značí vetknutí a modrá šipka zatížení.

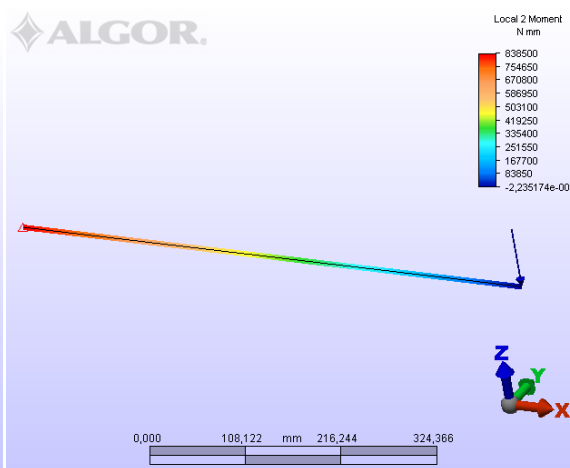


Obr. 34 model vetknutého nosníku

Na obr. 35 je průběh posunutí v důsledku zatížení, nejvyšší hodnota odpovídá hodnotě vypočtené. To platí i pro obr. 36 a hodnoty momentu.



Obr. 35 Výsledné posunutí



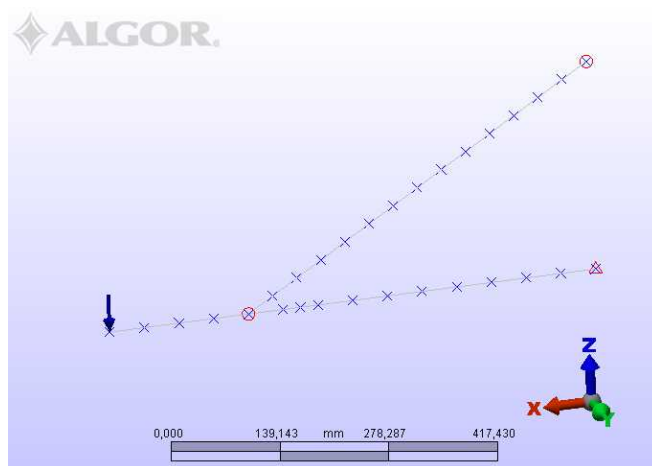
Obr. 36 Výsledný moment

Porovnání výsledků pokládá základ pro správné použití MKP a dovoluje pokračovat v dalších analýzách. Z obou výpočtů vyplývá moment ve vetknutí nosníku $M_{\text{MAX}} = 838,5 \text{ Nm}$, posunutí konce nosníku $w = 0,1352 \text{ mm}$ a maximální napětí ve

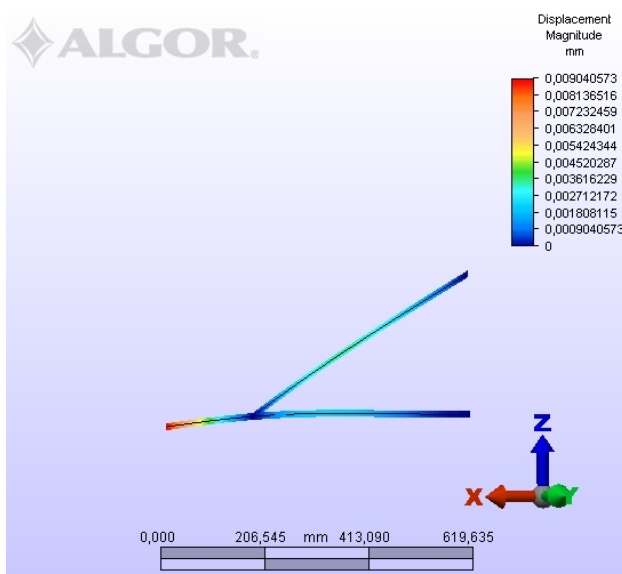
vetknutí $\sigma = 5,46$ MPa. Pro snížení tohoto zatížení je přidána výztuha k vetknutému nosníku a provedena analýza pomocí MKP.

MKP pro horní konstrukci s výztuhou

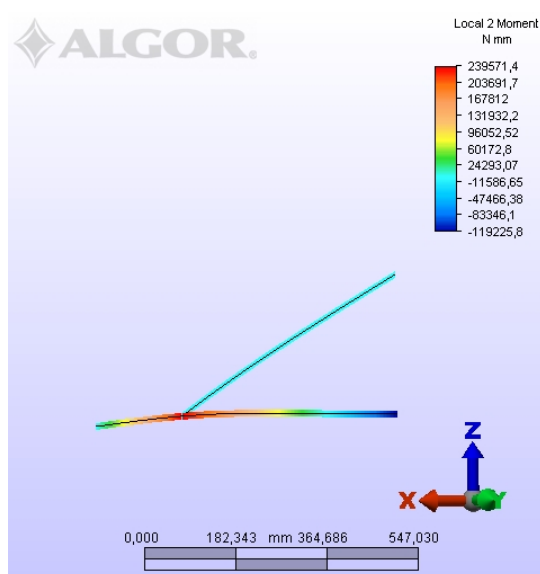
Model vytvořený v programu ALGOR je na obr. 37, kde trojúhelník je vetknutí, kolečka označují kloubové spoje umožňující rotaci kolem osy y.



Obr. 37 Model nosníku s výztuhou



Obr. 38 Výsledné posunutí

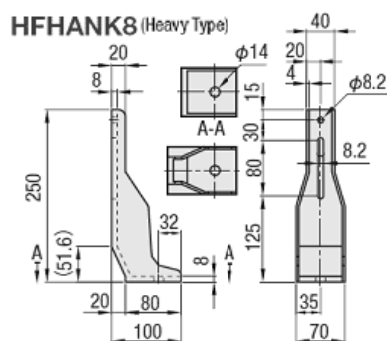


Obr. 39 Výsledný moment

Z obr. 38 a obr. 39 jsou vidět červená místa, která označují maximální hodnoty posunutí $w = 0,0904$ mm, $M_{MAX} = 239,5$ Nm. Maximální napětí nabývá největších hodnot v místech pod kloubovým spojem výztuhy a nosníku $\sigma = 1,56$ MPa. Při použití výztuhy dojde k rozložení zatížení a zmenšení posunutí volného konce nosníku.

3.1.3 Kotvení testovací stanice

Rám stroje svou hmotností znemožňuje pohyb stanice při zkoušení, navíc lze i ukotvit k podlaze. Pro novou stanici, která nedosahuje takové hmotnosti jako svařovaná konstrukce stávajících testovacích stanic, je kotvení zabraňující jejímu posunu nebo převrácení nezbytné. Kotvení je zvoleno se zřetelem k pohybům spojeným s provozem a také na chování obsluhy, která by náhodným postrčením či nárazem mohla stanici převrátit. Problém s kotvením nastává při manipulaci stanice na novou pozici, kde by byly připravené vrtané otvory pro kotvící šrouby. Při najíždění stanicí dojde k nesouososti díry kotvy umístěné na duralovém rámu a kotevní díry v podlaze. Za normálních okolností bude stanice ukotvena na vymezené pozici ve zkušební místnosti. Ve výjimečném případě může být kotvení uvolněno a stanice přesunuta na novou pozici ve výrobní hale. S ohledem na tuto skutečnost je stanice sestavěna do ukotveného stavu a výše uvedený problém není řešen.



Obr. 40 Kotva pro hliníkový rám [11]

3.1.4 Manipulace a možnosti manipulačních prostředků

Jeden z požadavků na novou konstrukci je možnost občasné manipulace. Tato manipulace by sloužila k přemístění zkušební stanice rovnou na výrobní halu, kde by po smontování mechanismů docházelo ke zkoušení. Mechanismy by se nemusely převážet do zkušební místnosti. Pro realizaci manipulace je na výběr ze třech uvažovaných variant:

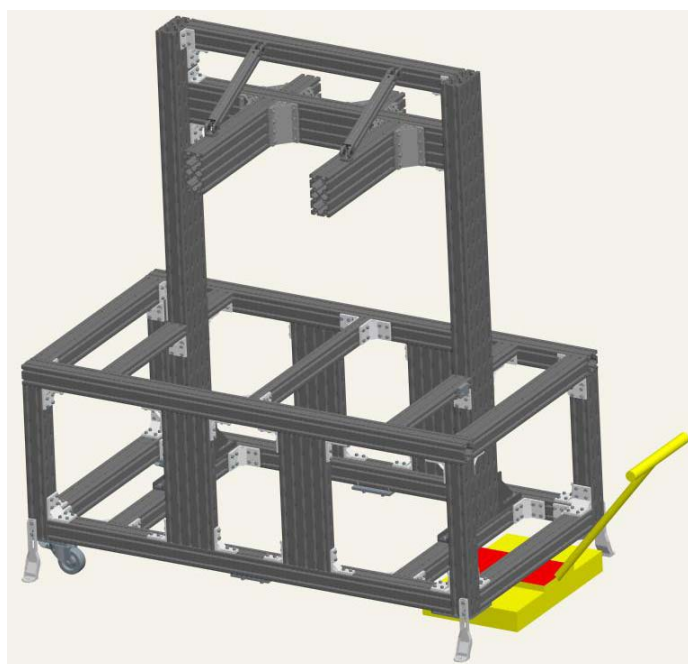
Varianta 1) Manipulační vozíky

Manipulační vozíky jsou vhodné jako řídicí tažné vozíky k samostatným transportním plošinám, nosná deska je vybavena protiskluzovým povrchem a umístěna na otáčivém ložisku, což umožňuje prostorově úsporný pohyb s nákladem i do zatáček a kolem rohů.[6]



Obr. 41 Manipulační vozík a oj k plošině
(obrázky převzaty z katalogu výrobce)

Nevýhodou navrhovaného řešení je malá dotyková plocha mezi vozíkem a rámem stanice, což vede k nestabilní manipulaci a v zatížení pouze jednoho profilu, ukázka na obr. 41. Tyto nevýhody se dají zmírnit vytvořením robustnější základny rámu stanice. Stejně podmínky platí i pro oj k pojízdné plošině. V menších prostorech zkušební místnosti je nedostatkem potřeba najížděcího prostoru pro použití vozíku.

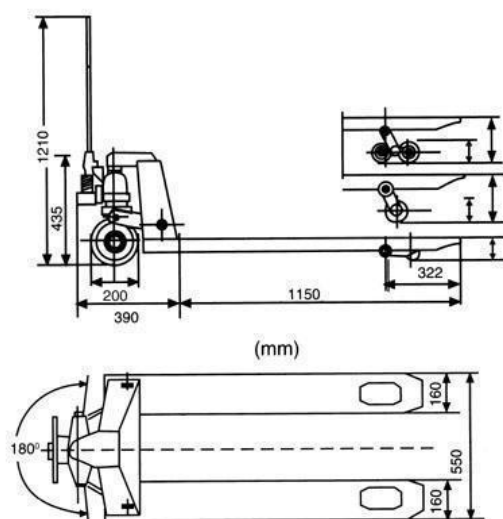


Obr. 42 3D model využití manipulačního vozíku

Varianta 2) Manipulace pomocí paletovacího vozíku

Výhodou paletovacího vozíku je jeho všestrannost a rozšířenost po výrobních halách a to platí i pro firmu Sklostroj Turnov CZ, s.r.o. Odpadá návrh konstrukce zdvihacího manipulačního prostředku nebo investice do jeho nákupu. Z obr. 43 a 44, je patrné využití celých vidlic pro podepření stanice. Délka vidlic standardního vozíku

je 1150 mm, tato délka nepostačuje pro dostatečné podepření stanice tak, aby nedocházelo k jejímu naklánění přes přední hranu vozík a k zatížení profilu podpírajícího stanici na konci vidlic. Stejně jako u manipulačního vozíku je nevýhodou najížděcí prostor pod stanicí.



Obr. 43 Paletovací vozík [6]

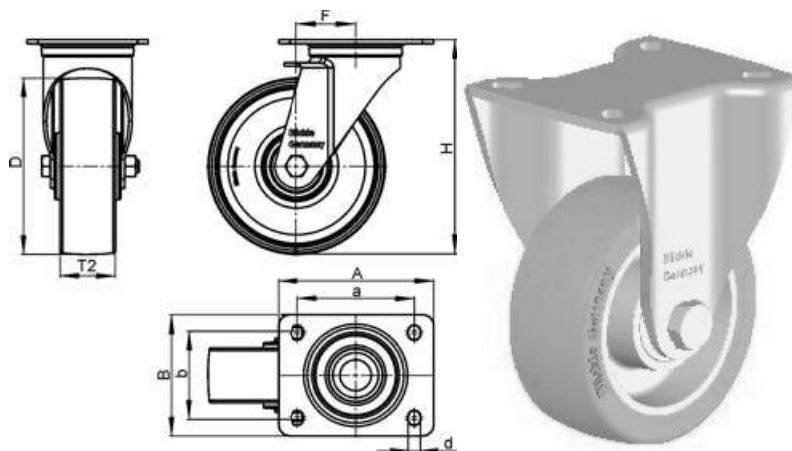


Obr. 44 Použití paletovacího vozíku k manipulaci

Varianta 3) Manipulační kolečka

Dnešní široká nabídka manipulačních koleček dovoluje vybírat podle nosnosti, materiálu kolečka, typu ložisek, typu uchycení kolečka a dalších specifikací.

Umožňují manipulaci bez použití dalších manipulačních přípravků a jejich použití je jednoduché a účinné. Příklad vyráběných kol je na obr. 45.



Obr. 45 Manipulační kola [7]

3.1.5 Výběr nejvhodnější manipulance

Pro výběr nejlepšího řešení ze třech výše uvedených variant manipulace je použita rozhodovací analýza. Tab. 5 obsahuje údaje rozhodovací analýzy pro výběr nejvhodnější varianty manipulace.

Uvažované varianty:

- VARIANTA 1) Manipulační vozíky
- VARIANTA 2) Manipulace pomocí paletovacího vozíku
- VARIANTA 3) Manipulační kolečka

Pro volbu vhodné studie zdvihacího zařízení byla uvažována tato kritéria:

- ovladatelnost;
- minimální počet manipulačních přípravků;
- stabilita při manipulaci;
- minimální prostor pro najíždění vozíky.

Tab. 5 Rozhodovací analýza

| Párové srovnání kritérií | | | | | | Matice užítlosti alternativ | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------|------|----|-----------------------------|------------|--------|------------|--------|------------|
| | | | | | | X | Varianta 1 | | Varianta 2 | | Varianta 3 |
| | | | | | | Hodnota | Hodnota | | Hodnota | | Hodnota |
| | | | | | | | Prostá | Vážená | Prostá | Vážená | Prostá |
| Poř. čís. | Název kritéria | Počet voleb | Pořadí významnosti | Váha | 1. | 100 | 100 | 90 | 90 | 70 | 70 |
| 2. | ovladatelnost | 0 | 4 | 1 | 2. | 100 | 200 | 0 | 0 | 100 | 200 |
| 3. | minimum man. přípravků | 1 | 3 | 2 | 3. | 100 | 400 | 70 | 280 | 90 | 360 |
| 4. | stabilita při manipulaci | 3 | 1 | 4 | 4. | 100 | 300 | 40 | 120 | 100 | 300 |
| | min. najížděcí prostor | 2 | 2 | 3 | | | | | | | |
| Celkem | | | | | | 1000 | | 490 | 480 | 930 | |
| Užitnost v relativním vyjádření [%] | | | | | | | | 49 | 48 | 93 | |
| Pořadí alternativ podle užítlosti | | | | | | | | 2. | 3. | 1. | |

Byla vybrána VARIANTA 3) manipulační kola, která umožní jednoduchou manipulaci bez použití dalších přípravků k manipulaci a zajistí stabilitu.

3.1.6 Výpočet kol pro zvolenou variantu

Pro stanovení nosnosti je nutné znát vlastní hmotnost transportního zařízení nebo stroje, maximální hmotnost nákladu a počet použitých kol. Požadovaná nosnost kola nebo kladky se stanoví následovně:

$$T = \frac{E+Z}{n} \cdot S$$

kde T... požadovaná nosnost kola nebo kladky, E... vlastní hmotnost transportního zařízení, Z... maximální hmotnost nákladu, n... počet použitých kol nebo kladek a S... bezpečnostní faktor [7].

Pro manipulaci se zkoušecím zařízením:

- vlastní hmotnost dosahuje podle výše uvedeného výpočtu hodnoty;
 $E = 218 \text{ kg};$
- uvažovaná hmotnost nákladu zahrnuje vybavení stanice, do kterého patří upínací prvky, rozvody energií a případné kryty, jejich předpokládaná hmotnost je 250 kg. Zatížení způsobené zkoušenými mechanismy je voleno podle mechanismů odnímače jejichž hmotnost je 123 kg a nová stanice poskytuje 4 pozice pro jejich zkoušení.
 $Z = 250 + 4 \times 123 = 742 \text{ kg};$
- počet použitých koleček je $n = 4$;
- bezpečnost je volena na občasnou manipulaci a pohyb po hale $S = 1,5$.

Výpočet nosnosti jednoho kola:

$$T = \frac{E+Z}{n} \cdot S = \frac{218+750}{4} \cdot 1,6 = 387,2 \text{ kg}$$

Podle vypočtené minimální nosnosti $T=387,2 \text{ kg}$ byla vybrána dvě kola s pevnou kladkou BH-G 100G-1 a dvě kola s otočnou kladkou LH-G 100G-1 s brzdou, jejich umístění je patrné z obr. 46 [7].



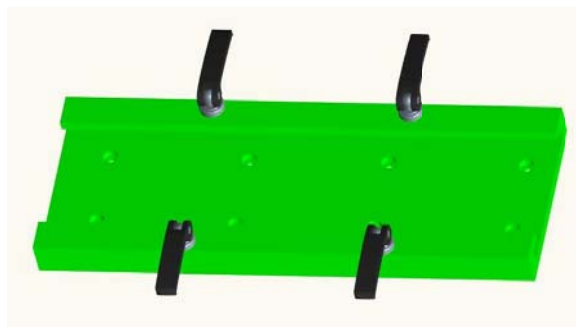
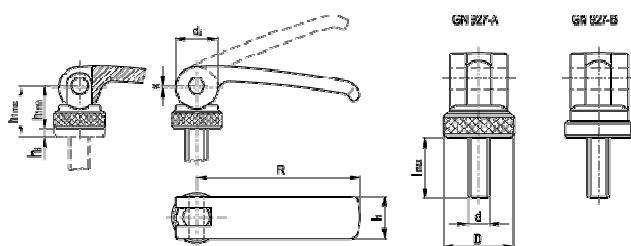
Obr. 46 Umístění manipulačních kol

Kola svým rozmístěním upínacích děr neumožňují přímé namontování na duralový rám, pro jejich upnutí jsou vyrobeny upínací ocelové desky.

3.1.7 Upínání mechanismů

Upínání mechanismů na IS stroj se provádí klasickými šroubovými spoji. Nynější zkušební stanice fungují stejně jako stanice při výrobě, takže i upínání je šroubovými spoji. Na mechanismy IS stroje je při výrobě skleněných obalů požadavek stálého a nehybného umístění na desce IS stroje po celou dobu výroby, u jejich testování není nutné tento požadavek zcela dodržet, protože se jedná pouze o kontrolní a zabíhací proces, při kterém nedochází k plnému a dlouhodobému zatížení. Pro upínání na nové zkušební stanici budou použity stávající šroubové spoje, protože není potřeba upínací proces automatizovat.

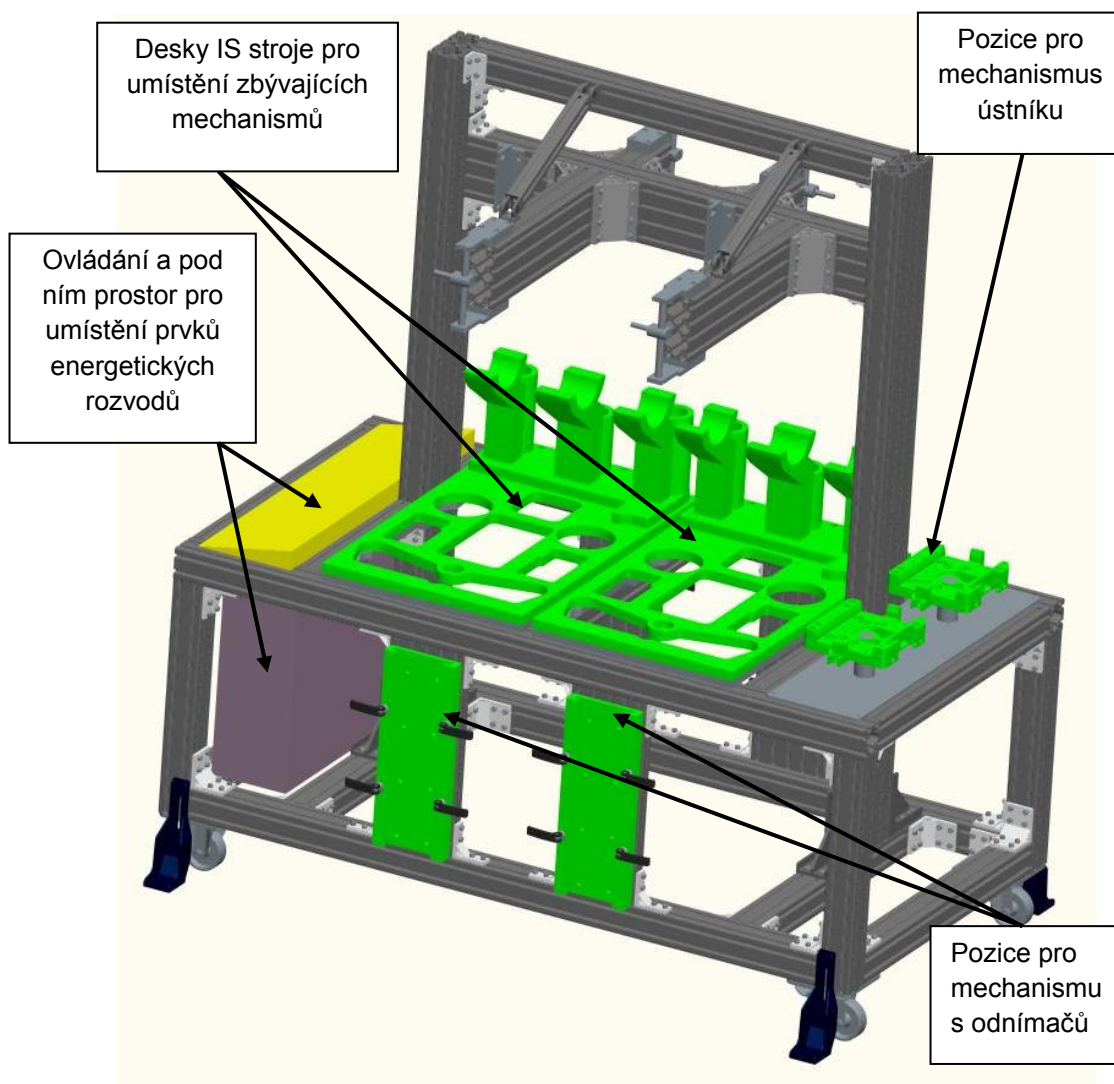
Pro svisle upnutý mechanismus odnímače jsou pro usnadnění použity excentrické páky umístěné na spodní upínací desce uvedené na obr. 47, pro horní uchycení je použito stávající upínání, tyto excentrické páky dovolují vyvodit upínací sílu až 8 kN.



Obr. 47 Použití excentrických pák k upínání [12]

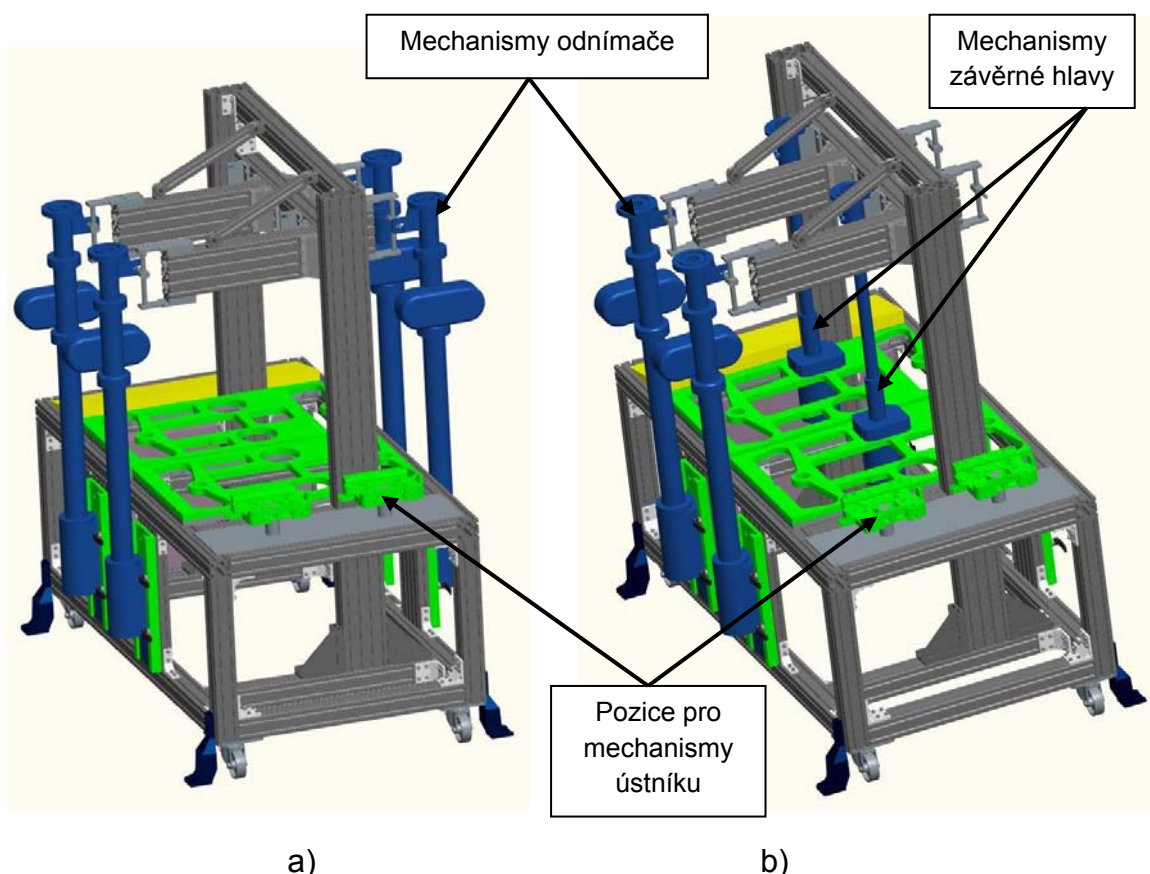
3.2 Osazení zkušební stanice

Pro umístění ovládání je vyčleněn boční prostor stanice a prostor pod tímto ovládáním je pro umístění hlavních prvků pneumatického, hydraulického a elektrického obvodu. Při použití stanice na nové zkušební pozici je nutné zajistit zdroje všech energií, na které se zkušební stanice připojí.



Obr. 48 Osazený rám

Jedna zkušební stanice umožňuje zkoušení více různých mechanismů najednou nebo dva stejné mechanismy. Mechanismus odnímače může být zkoušen na čtyřech pozicích a zároveň může být testován mechanismus ústníku, který bude umístěn z boku zkušební stanice. Pod pozicemi pro zkoušení mechanismu ústníku je prostor k umístění vzdušníku potřebného ke zkoušení mechanismu ústníku a případně pro další vybavení stanice.



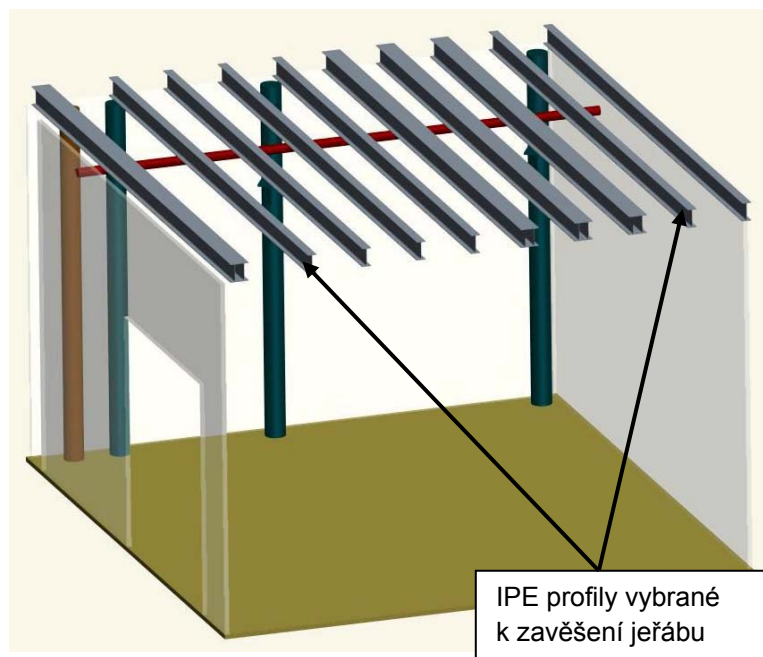
Obr. 49 Příklad zkoušení mechanismů

- a) 4 mechanismy odnímače a 2 pozice pro mechanismy ústníku
- b) 2 mechanismy odnímače a 2 mechanismy závěrné hlavy a mechanismy ústníku

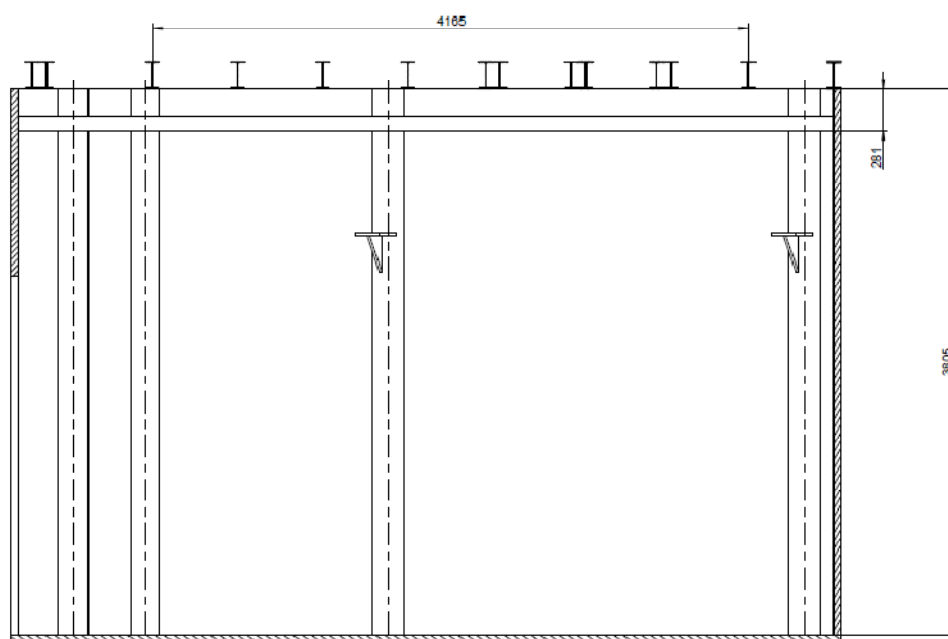
Pro zkoušení mechanismů na nových zkušebních stanicích bude využito starých návodek, kterými se řídí současný zkušební cyklus, změny nastanou v počtech zkoušených mechanismů a jejich rozmístění na zkušební stanici.

3.3 Konstrukční řešení zdvihacího systému

Pomocí rozhodovací analýzy byl vybrán systém pomocí podvěsného jeřábu. Tento systém dovoluje použití konstrukce stropu tvořené IPE profily, jejich rozmístění je patrné z obr. 50 a 51. Na těchto obrázcích jsou vyznačeny nejvhodnější profily pro umístění podvěsného jeřábu



Obr. 50 3D model stropní konstrukce

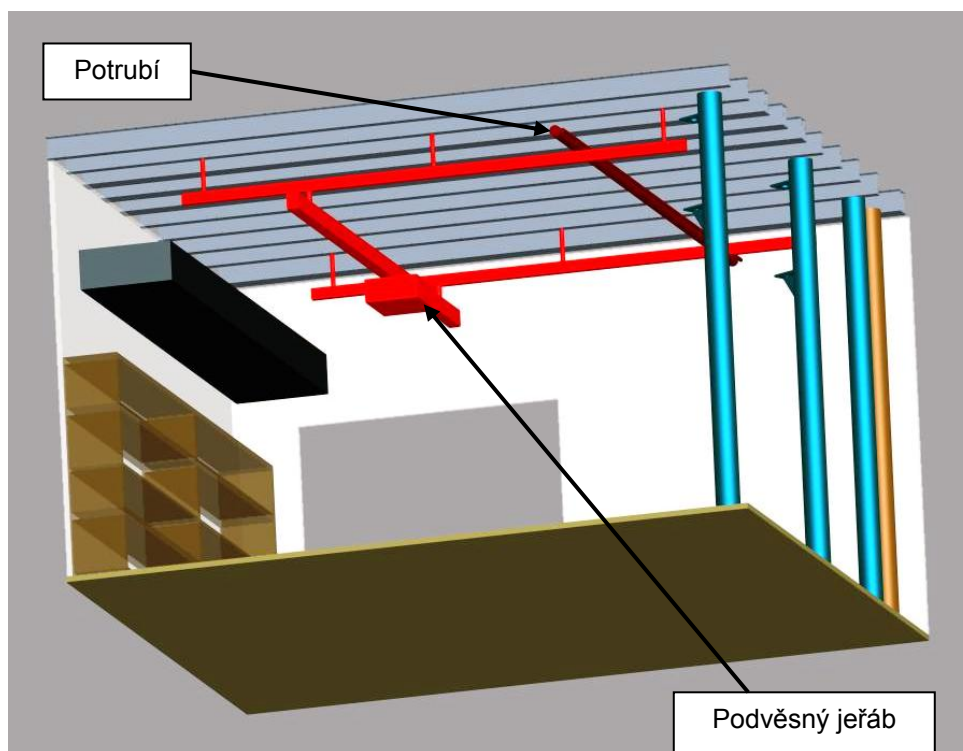


Obr. 51 Základní rozměry umístění vybraných profilů

Pro návrh podvěsného jeřábu je potřeba znát vzdálenost mezi zvolenými IPE profily tvořících strop místnosti, délku dráhy a délku nosníku jeřábu. Pro zkušební místnost byly zvoleny tyto hodnoty:

- rozpětí $L_{KR} = 4165$ mm (vzdálenost mezi IPE profily);
- délka dráhy $L = 4650$ mm;
- délka nosníku jeřábu $L_{HT} = 5200$ mm.

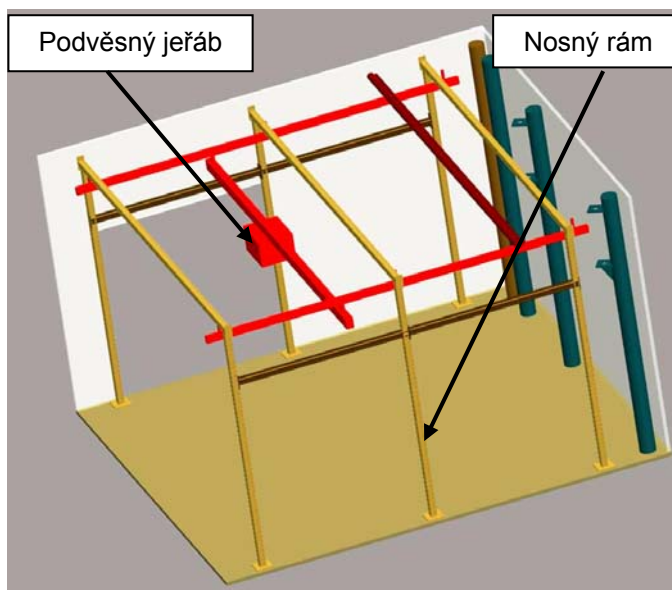
Pomocí softwaru DEMAG - KBK DESIGNER je vytvořen návrh podvěsného jeřábu, výkres a základní údaje jsou dodány firmou DEMAG a nalézají se ve výkresové dokumentaci [8]. Obr. 52 poskytuje pohled na 3D model místnosti s podvěsným jeřábem umístěným na stropní konstrukci.



Obr. 52 Zjednodušený 3D model jeřábu zavěšeného na stropě

Konstrukce navrženého zdvihacího zařízení, pro hmotnost břemene 160 kg, váží 170 kg a celkové zatížení stropu je 330 kg při plném užití zdvihacího zařízení. Pro dokončení tohoto návrhu musí být známa statická únosnost stropní konstrukce, kterou musí provést firma Sklostroj Turnov CZ s.r.o.

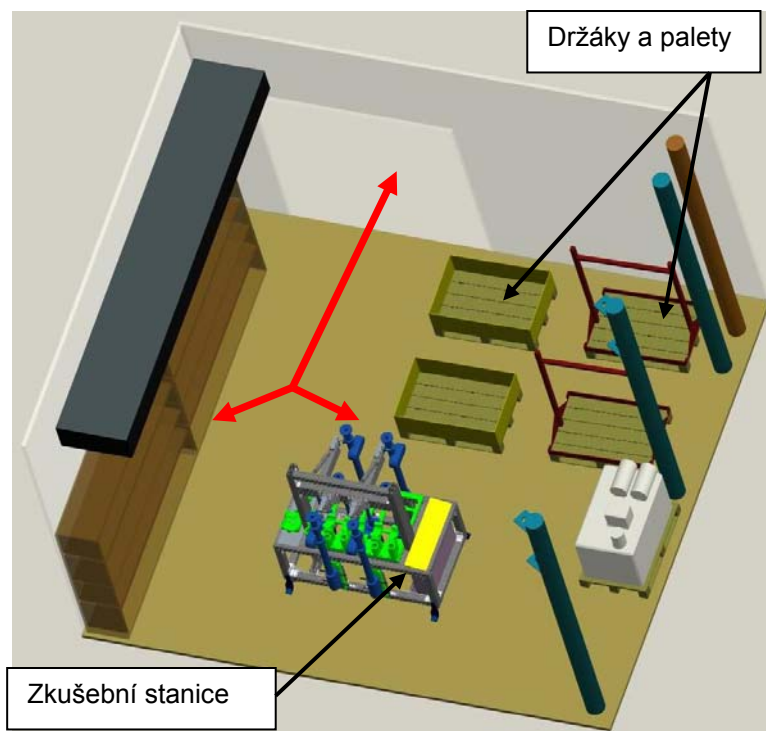
V případě že by nešlo využít stropní konstrukce lze zdvihací zařízení zavěsit na nosný rám z normalizovaných profilů. Umístění nosného rámu by vyžadovalo kotvení do zdí místnosti a úpravu některých částí místnosti. Konstrukce nosného rámu je provedena z profilů firmy Hilti, které je možno použít pro zdvihací systém firmy Demag s nosností 500 kg [9]. Pro eliminaci vzniku ohybových momentů a horizontálně působících sil ve stropní konstrukci jsou profily zavěšeny výkyvně, tyto závěsy jsou součástí návrhu jeřábu od firmy Demag. Závěsy jsou stavitelné a jejich délka je upravena podle potrubí umístěného u stropu. Řešení zdvihacího zařízení pomocí podvěsného jeřábu umožňuje využít většinu prostoru místnosti a pohyb v kartézských souřadnicích ulehčuje manipulaci se zkoušenými mechanismy. Návrh zavěšení na nosný rám z profilů firmy HILTI je na obr. 53.



Obr. 53 Zjednodušený 3D model jeřábu zavěšeného na nosném rámu

3.4 Layout místnosti

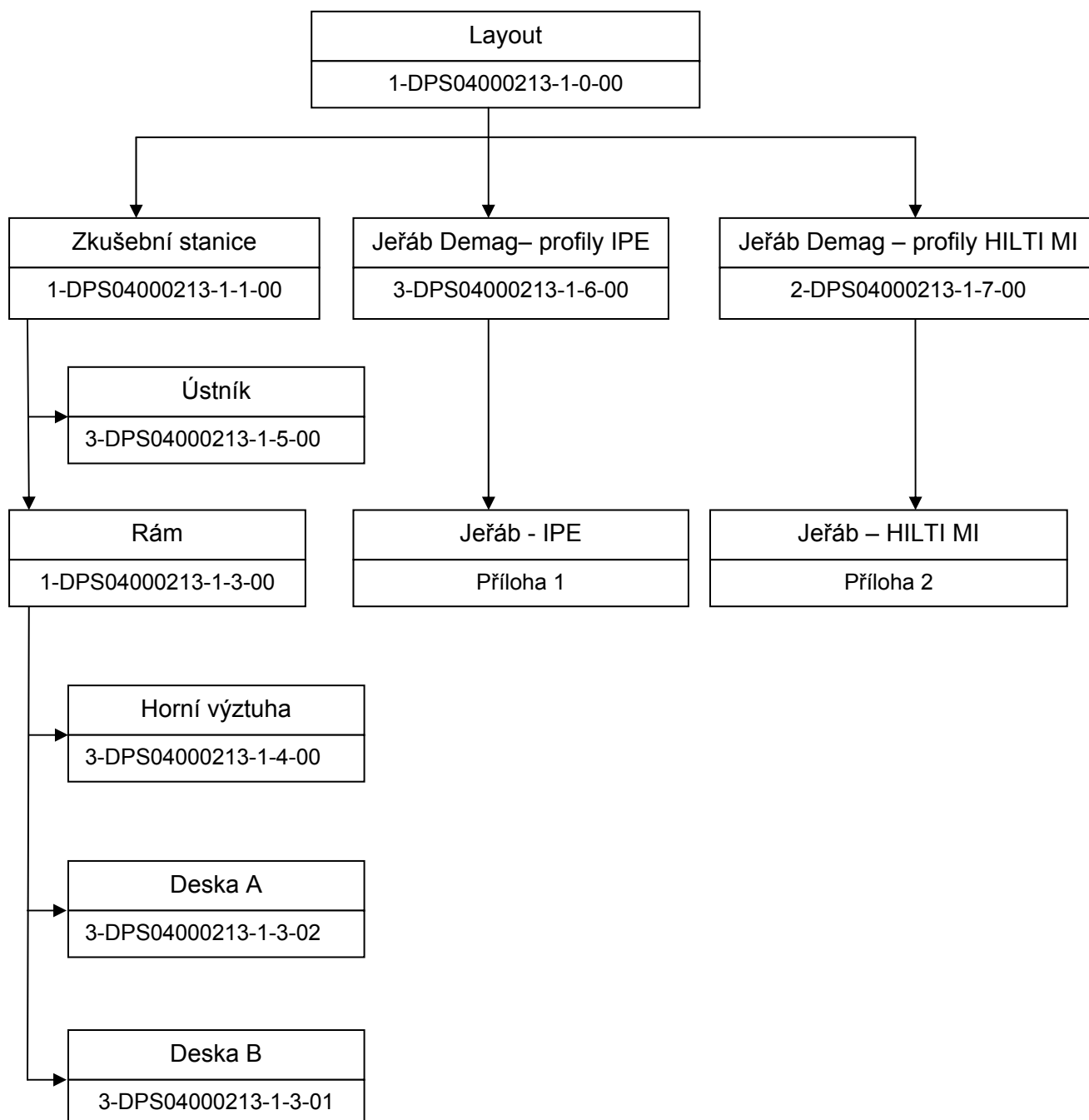
Na obr. 54 je návrh rozložení vybavení zkušební stanice při použití jedné nové zkušební stanice. Při použití jedné stanice dojde k uvolnění prostoru v místnosti a není nutné zřizovat mezisklad pro držáky a palety určených k převozu mechanismů. Dojde k uvolnění přístupových cest, které jsou v současné době při plném provozu místnosti obsazeny paletami, které ztěžují přístup ke stanicím.



Obr. 54 Návrh rozložení vybavení místnosti

Layout je zobrazen bez zdvihacího zařízení, stropu a potrubí u stropu. Červené šipky značí volné přístupové cesty k regálům a ke zkušební stanici. Prostor u zdí lze využít pro umístění vozíku určeného pro příslušenství stanice. Umístěním dvou zkušebních stanic do místnosti dojde k rozšíření počtu zkušebních pozic a zabrání většího prostoru místnosti.

3.5 Schéma přiložené technické dokumentace



4. Hodnocení navrženého řešení

4.1 Přínos a využitelnost navrženého řešení

Navržené řešení umožňuje zrychlení a zjednodušení procesu zkoušení mechanismů řadového sklářského stroje. Zpracovaná varianta zkušební stanice byla vybrána pomocí rozhodovací analýzy s ohledem na hlavní požadavky stanovené v rozboru současného stavu zkušebního procesu.

Využití jedné zkušební stanice zvýší počet zkoušených mechanismů.

Příklady počtu zkoušených mechanismů (obr. 49):

- 4 mechanismy odnímače + 2 mechanismy ústníku
- 2 mechanismy odnímače + 2 mechanismy na desce IS stroje + 2 mechanismy ústníku

Zkušební stanice splňuje požadavek na zjednodušení konstrukce, která je tvořena stavebnicovým systémem duralových profilů. Jejich využití bylo voleno s ohledem na možnou úpravu rozměrů konstrukce rámu, která je spojena s vývojem nových typů mechanismů. Další výhodou této duralové konstrukce je nízká hmotnost, která byla využita při návrhu občasné manipulace prováděné ručně bez využití pohonných jednotek (obr. 46 a 48).

Současný stav zdvihacích zařízení obsluhuje přibližně 1/3 zkušební místnosti. Nově navržené zdvihací zařízení ve formě podvěsného jeřábu umístěného na stropě umožňuje rozšíření manipulační plochy ve zkušební místnosti na 24,2 m² z celkové nezastavěné plochy místnosti 32,5 m² a kartézský systém pohybu usnadňuje manipulaci se zkoušenými mechanismy (obr. 52).

Spojením návrhu zkušební stanice a podvěsného jeřábu bylo dosaženo nového layoutu místnosti (obr. 54). Nový layout místnosti usnadní přístup ke zkušební stanici a umožní skladovat držáky zkoušených mechanismů tak, aby nebránily v přístupu k vybavení zkušební místnosti. V novém layoutu bylo počítáno s užitím jedné zkušební stanice, v případě nedostatku zkušebních pozic je možné umístit do zkušební místnosti dvě zkušební stanice a zřídit mezisklad na odkládání držáků. S touto variantou je spojena úprava toku mechanismů z výroby

4.2 Náklady na nový layout zkušební místnosti

Z důvodu špatně stanovitelných nákladů na současný stav zkušební místnosti nelze provést hodnocení návratnosti investice do nové zkušební místnosti. Pro základní orientaci v nákladech spojených s novým layoutem jsou níže uvedeny odhady cen:

- Náklady na duralový rám:
 $C_D = 50\,000,- \text{ Kč}$

- Náklady na podvěsný jeřáb:

Cena samostatného KBK systému včetně kladkostroje, závěsů, kabelů atd. byla odhadnuta na $C_{PJ} = 108\,000,- \text{ Kč}$. Při realizaci je potřeba počítat s náklady na realizaci (montáž a zaškolení) $C_R = 32\,000,- \text{ Kč}$.

- Celkové náklady:

$$C = C_D + C_{PJ} + C_R = 50\,000 + 108\,000 + 32\,000 = 190\,000,- \text{ Kč}$$

Do nákladů nejsou započítány stavební úpravy, prvky pneumatických a hydraulických obvodů a části zkušebních stanic vyrobených ve Sklostroji Turnov CZ, s.r.o.

Pokud nebude konstrukce stropu dostáčet svou statickou únosností pro zavěšení podvěsného jeřábu, vzrostou celkové náklady odhadem o $C_{NR} = 120\,000,- \text{ Kč}$ potřebné na nosný rám jeřábu tvořeného díly firmy HILTI MI.

Závěr:

V diplomové práci byl zpracován návrh layoutu zkušební místnosti se zaměřením na zkušební stanici a zdvihací zařízení.

Úvod byl zaměřen na rozbor a vyhodnocení současného stavu zkušební místnosti, který poskytl základní požadavky na novou zkušební stanici a změny týkající se layoutu místnosti.

Z těchto požadavků byly vytvořeny alternativní studie zkušební stanice a zdvihacího zařízení, které ovlivnily výsledný layout zkušební místnosti.

Další fáze práce byla soustředěna na konstrukční řešení zkušební stanice se zaměřením na rozšíření pozic pro zkoušení mechanismů, jednoduchost konstrukce a manipulaci. Dále byl v této části proveden návrh umístění vybraného zdvihacího zařízení ve zkušební místnosti, který svými parametry ovlivnil celkový layout zkušební místnosti.

Na závěr bylo zhodnoceno využití a přínos zpracovaného řešení a byly odhadnuty náklady na nové uspořádání a výrobu nového zkušebního zařízení.

Tato práce slouží jako podklad pro další zlepšování zkušebního procesu ve firmě Sklostroj Turnov CZ, s.r.o., v dalších pracích se může navázat řešením rozvodů energií zkušební stanice a úprav potřebných pro realizaci podvěsného jeřábu.

Literatura

- [1] Firemní podklady firmy Sklostroj Turnov CZ, s.r.o.
- [2] Belda, J.; *Sklářské a keramické stroje I.* 2.vyd., Liberec : Ediční středisko VŠST Liberec, 1994. 285 s. ISBN 80 – 7083 – 140 – 9.
- [3] Vigner, M.; Zelenka, A.; Král, M. *Metodika projektování výrobních procesů.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984. 588 s. A – 31970.
- [4] *Sklostroj Turnov CZ, s.r.o.* [online]. Turnov: Sklostroj Turnov CZ,s.r.o., Poslední aktualizace 1.5.2010; [cit. 2010-01-12]. Dostupné na WWW:< <http://www.sklostroj.cz/> >.
- [5] *Item Industrietechnik GmbH*, [online]. Item Industrietechnik GmbH, Poslední aktualizace 13.12.2009; Dostupné na WWW: < <http://www.item24.com/en/> >.
- [6] *MANUTAN s.r.o.*, [online]. Ostrava: MANUTAN s.r.o., Dostupné na WWW: < <http://www.manutan.cz/> >.
- [7] Výpočet nosnosti [online]. Brno : Blickle, a.s., [cit. 2010-05-15]. Dostupné na WWW:<<http://www2.blickle.com/guide/guide.php?l=cz-cz&&PHPSESSID-cz-cz=2dda594f3e7a17e9e54e2afd804031c8> >.
- [8] *Demag-kbk designer* [online]. Slaný: Demag Cranes & Components, s r.o., [cit. 2010-05-20]. Dostupné na WWW: < <http://www.demag-kbkdesigner.de/> > .
- [9] *Demag Cranes & Components* [online]. Slaný : Demag Cranes & Components, s r.o., [cit. 2010-05-17]. Dostupné na WWW: <<http://www.demagcranes.cz/index.jsp> > .
- [10] Novotný, F.: Základy robotiky. Separáty z připravovaných skript; Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009
- [11] *MISUMI Europa* [online]. Europe: MISUMI Europa GmbH [cit. 2010-05-19]. Dostupné na WWW:< <http://www.misumiurope.com/start.aspx?lang=CS> >
- [12] *Elesa+Ganter* [online]. Praha : ELESAGANTER CZ s.r.o. [cit. 2010-05-11]. Dostupné na WWW:< <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/default/eg/> >